

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ СВАРКИ КРЫЛЬЧАТКИ
РАБОЧЕГО КОЛЕСА ДЫМОСОСА**

Выпускная квалификационная работа

направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль Машиностроение и материалобработка
профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве

Идентификационный код ВКР: 955

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения
в машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ИММ

_____ Б.Н. Гузанов

«_____» _____ 2018г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
СВАРКИ КРЫЛЬЧАТКИ
РАБОЧЕГО КОЛЕСА ДЫМОСОСА**

Исполнитель:
студент группы Бр 511-СМ

А.В. Вахрушев

Руководитель:
доц., канд. техн. наук

Д.Х. Билалов

Нормоконтроль:
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения
в машиностроении и металлургии

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ СВАРКИ КРЫЛЬЧАТКИ
РАБОЧЕГО КОЛЕСА ДЫМОСОСА**

Выпускная квалификационная работа

направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль Машиностроение и материалобработка
профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве

Идентификационный код ВКР: 955

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 105 листов печатного текста, 19 иллюстраций, 22 таблицы, 29 использованных источника, 1 приложения на 1 листе, графическая часть на 9 листах.

Ключевые слова: КРЫЛЬЧАТКА ДЫМОСОСА, СТАЛЬ 12Х18Н10Т, ТЕХНОЛОГИЯ, ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ.

Цель проекта – разработка механизированного процесса сборки и сварки крыльчатки рабочего колеса дымососа предназначенного для создания вакуумметрического давления в топках сушильных аппаратов и отвода паров и газов, содержащих примесь агрессивных сред, в аппараты первичной очистки.

Выполнено по проекту:

- 1 Проведен анализ способов сварки, выбран способ сварки;
- 2 Разработан технологический процесс сборки и сварки крыльчатки;
- 3 Выполнен подбор оборудования;
- 4 Произведены расчеты режимов полуавтоматической и автоматической сварки в среде защитных газов;
- 5 Проведены расчёты экономической эффективности проекта;

Выполнены графические иллюстрации:

Изделие – 1 лист формата А1;

Детализация изделия – 2 листа формата А3, 2 листа формата А4

Технологический лист – 1 листа формата А1;

Технико-экономические показатели – 1 лист формата А1;

Спецификация – 1 лист формата А4;

Плакат – 1 лист формата А1.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вахрушев А.В.			РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ КРЫЛЬЧАТКИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ДЫМОСОСА	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Билалов Д.Х.					4	105
						Каф. ИММ, гр. Бр 511-СМ		
Н.контр.		Плаксина Л.Т.						
Утв.		Гузанов Б.Н.						

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Технологический раздел	9
1. 1 Описание изделия	9
1.1.1 Характеристика изделия	9
1.1.2 Выбор материал	11
1.1.3 Состав и свойства материала	12
1.1.4 Характеристика свариваемости стали	15
1.2 Описание базового технологического процесса	22
1.2.1 Применяемое оборудование	26
1.2.2 Анализ базовой технологии	26
1.3 Выбор способа сварки	27
1.3.1 Характеристика сварки в смеси защитных газов	28
1.4 Предлагаемая технология изготовления изделия	35
1.4.1 Выбор материалов для сварки	37
1.4.2 Выбор режимов сварки	39
1.4.3 Расчет режимов для сварки в среде защитных газов	40
1.4.4 Контроль качества сварки	46
1.5 Выбор оборудования	50
1.5.1 Выбор оборудования для полуавтоматической сварки	50
1.5.2 Описание сварочного полуавтомата ПДГ-502	53
1.5.3 Описание сварочной горелки ГДПГ-501-4	54
1.5.4 Выбор источника питания	55
1.5.5 Выбор оборудования для автоматической сварки	56
1.5.6 Описание манипулятора УСМ-1200	58
1.5.7 Описание колонны ПК-1	60
1.5.8 Описание сварочного стола с механизмом вращения	62
2 Экономическая часть	63
2.1 Расчёт полной себестоимости изготовления изделия	63

2.2 Расчет показателей сравнительной эффективности	82
3 Методический раздел	88
3.1 Сравнительный анализ профессиональных стандартов	89
3.2 Разработка учебного плана переподготовки	93
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	94
3.4 Разработка плана – конспекта урока	95
Заключение	101
Список использованных источников	102
Приложение А (Спецификация)	105

ВВЕДЕНИЕ

В условиях научно-технического прогресса особенно важно развитие определяющих его областей науки, техники и производства. К таким областям могут быть причислены сварка и резка металлов, которые во многих отраслях являются одним из основных факторов, определяющих темпы технического прогресса, и оказывают существенное влияние на эффективность общественного производства.

Сварочное производство включает в себя: основные операции (сборку, сварку, правку, термообработку и др.); вспомогательные операции (транспортные, наладочные, контрольные и т. п.); операции обслуживания (ремонтные и др.).

Не сварочные операции в сварочном производстве составляют в среднем 70% общей трудоемкости работ сварочных цехов. При осуществлении сварочных операций, в том числе при применении механизированных методов сварки, выполняются вспомогательные приемы по установке и кантовке изделий под сварку, зачистке кромок и швов, установка сварочной проволоки, установке автомата в начале шва, отводу автомата или перемещению изделия и др. На выполнение этих приемов приходится в среднем 35% трудоемкости сварочных операций.

В наше время перед предприятиями стоит задача, в целях экономии средств поднять производительность труда при уменьшении числа занятых на производстве людей. Прежде всего, на основе его технологического перевооружения и реконструкции, повышение уровня механизации и автоматизации для улучшения качества выпускаемой продукции, надёжности сварных изделий, а также за счет экономии сварочных и основных материалов и экономии производственных площадей. Для решения этих задач требуется широкое применение современного технологического оборудования, механизации различных приспособлений и специального инструмента.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						7
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Создание новых способов сварки и повышение технического уровня сварочных работ в машиностроении связанного с введением в эксплуатацию сложного сварочного оборудования, автоматических и механизированных способов сварки, передовых методов организации работ, что значительно позволило расширить область применения легированных сталей, цветных металлов и их сплавов в авиакосмической и в химической промышленности, а также во многих других отраслях производства. Изделия изготовленные из этих металлов резко отличаются в положительную сторону по стойкости и работоспособности в самых неблагоприятных условиях (высокие и низкие температуры, агрессивные среды, повышенное давление). Стойкость сварных изделий во многом зависит от качества сварных соединений, к которым постоянно возрастают требования стандартов качества.

Все указанные особенности усложняют задачи, которые стоят перед инженерами-технологами, разрабатывающими технологический процесс сварки плавлением.

К одному из таких способов относится данная разработка. Разработанный технологический процесс изготовления крыльчатки дымососа обеспечивает получение надежных сварных соединений и конструкций, отвечающих всем эксплуатационным требованиям, а также предусмотрена максимальная степень комплексной механизации и автоматизации всего производственного процесса изготовления изделия. Предложенная технология экономически выгодна по расходу сварочных материалов и затрат человеческого труда.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 Технологический раздел

1.1 Описание изделия

1.1.1 Характеристика изделия

Крыльчатка является основной рабочей частью рабочего колеса дымососа ДН-15 и предназначена для создания вакуумметрического давления в топках сушильных аппаратов и отвода паров и газов, содержащих примесь агрессивных сред, в аппараты первичной очистки.

Изделие работает как в условиях повышенной влажности, так и при высоких температурах в зависимости от циклов и систем отчистки.[1]

Крыльчатка рабочего колеса дымососа состоит из конуса, усиленного кольцом, и диска, которые соединены между собой лопатками. Все сборочные единицы изделия изготавливаются из листового металла и подаются на сборку в готовом виде. [4]

Крыльчатка дымососа воспринимает аэродинамические и статические нагрузки, под лопатами дымососа возникают силы равные 23800 Ньютонам, максимальная частота вращения рабочего колеса дымососа равна 1000 оборотов в минуту;

Диаметр Ø 1500 мм;

Масса 1100 кг;

Температурам перемещаемых газов от 185°C до 250°C;

Рабочая среда пары соляной кислоты Cl;

окись азота NO₂;

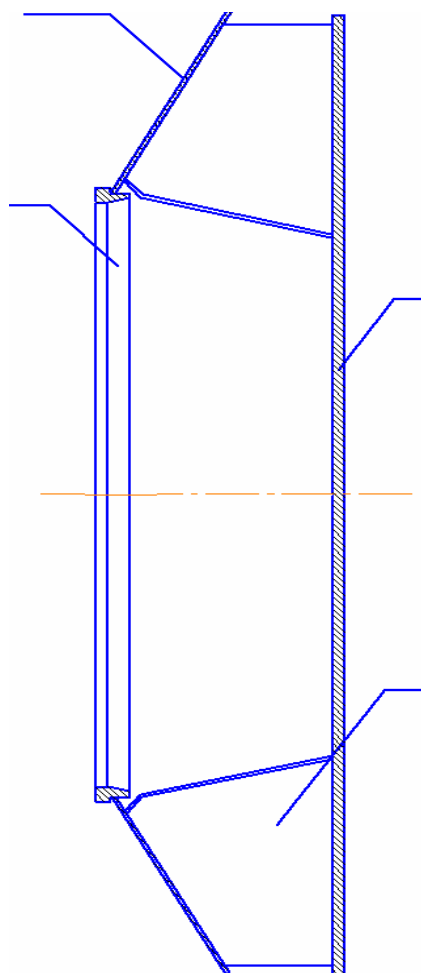
окись серы SO₂;

хлористый водород HCl.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 1 – Рабочее колесо дымососа ДН-15



1- диск, 2-конус, 3-лопатка, 4- усилительное кольцо

Рисунок 2 - Эскиз изделия

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1.2 Выбор материала

При выборе материала для изготовления крыльчатки дымососа необходимо взять во внимание условия работы и конструкторские особенности изделия. К изделию предъявляются следующие требования: крыльчатка дымососа должна быть выполнена из коррозионно-стойкого материала обладающего высокими прочностными качествами, т.к. изделие работает в агрессивной среде при высокой температуре и испытывает большие нагрузки. [1]

Из всех известных материалов лучшее состояние прочности, надежности и долговечности имеет сталь. Она является основным материалом для изготовления ответственных конструкций, подвергающихся нагрузкам. Механические свойства стали зависят от её структуры и состава. Сталь превосходит другие материалы по прочности, уступая по некоторым, менее существенным свойствам. По этому в подавляющем большинстве случаев она является основным конструкционным материалом. [2]

Остановим свой выбор на коррозионно-стойкой стали, которая будет устойчива против химической коррозии, протекающей при воздействии на металл газов (газовая коррозия) и электрохимической коррозии вызываемую действием электролитов: кислот, щелочей и солей.[3]

Эти стали делятся на два основных класса:

а) хромистые, имеющие после охлаждения на воздухе ферритную структуру;

б) хромоникелевые, имеющие аустенитную структуру (ГОСТ 5632-72).

Стали ферритного класса используют чаще без термической обработки для изготовления сварных деталей, работающих в более агрессивных средах и не подвергающихся действию ударных нагрузок, при температуре эксплуатации не ниже -20°C . Эти стали обладают крупнозернистостью в литом виде и склонны к сильному росту зерна при нагреве свыше 850°C (например, при сварке), что сопровождается охрупчиванием стали. Измельчить зерно и

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						11
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повысить пластичность термической обработкой нельзя, так как стали не претерпевают $\alpha \rightarrow \gamma$ превращений; сварные конструкции из ферритной стали склонны к межкристаллитной коррозии. Сварку этой стали следует избегать, так как зоны, прилегающие к сварному шву, имеют крупное зерно, низкую пластичность и относительно невысокую коррозионную стойкость.

Стали аустенитного класса обычно легированные хромом и никелем (или марганцем), после охлаждения до нормальной температуры имеют аустенитную структуру, низкий предел текучести, умеренную прочность, высокую пластичность и хорошую коррозионную стойкость в окислительных средах. Также состав стали должен предопределять возможность её сварки без усложнения технологии и обеспечить высокую стойкость к образованию трещин в металле шва. Остановим свой выбор на хромоникелевой стали 12X18H10T, которая получила наибольшее распространение для работы в окислительных средах и обладает хорошей свариваемостью. [5]

1.1.3. Состав и свойства материала

По принятой классификации высоколегированная коррозионно-стойкая сталь 12X18H10T применяют в качестве коррозионно-стойкого и жаропрочного материала предназначенного для сварных конструкций изготовляемых из листового проката.

Главными легирующими элементами являются хром и никель. Они определяют основные свойства и структуру высоколегированных сталей. В качестве легирующих элементов применяют также углерод, кремний, титан, марганец, молибден, и ниобий. Они придают высоколегированным сталям особые свойства: прочность, жаростойкость, стойкость против коррозии. [6]

Легирующие элементы, вводятся в сталь для получения требуемой структуры и свойств, а также для создания требуемых физико-механических свойств.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Хром - повышает твёрдость, прочность стали, а также обеспечивает большую устойчивость против коррозии, образуя тугоплавкие окислы.

Никель - придает стали высокую пластичность и вязкость.

Углерод - является основным легирующим элементом. С увеличением его содержания в стали возрастают твердость, пределы прочности и текучести, уменьшаются относительное удлинение, относительное сужение, ударная вязкость и стойкость против трещин.

Повышение его содержания усложняет технологию сварки и затрудняет возможности получения равнопрочного сварного соединения без дефектов.

Марганец - заметно повышает прочность, практически не снижая пластичности и резко уменьшая красноломкость стали, т. е. хрупкость при высоких температурах, вызванную влиянием серы.

Кремний – дегазируя металл, повышает плотность стали и остающийся после раскисления в твердом растворе (в феррите), сильно повышает предел текучести. Это снижает способность стали к вытяжке, и особенно холодной высадке.

Сера - является вредной примесью в стали. С железом она образует химическое соединение FeS, которое практически нерастворимо в нем в твердом состоянии, но растворимо в жидком металле. Кристаллизуясь из жидкости по окончании затвердевания, соединения серы преимущественно располагается по границам зерна, нарушается связь между зёрнами металла, вследствие чего при деформации (остывании) стали возникают надрывы и трещины. Это явление носит название красноломкости (горячеломкость).

Сернистые включения снижают ударную вязкость и пластичность, а также предел выносливости. Сера ухудшает свариваемость и коррозионную стойкость. Содержание серы в стали строго ограничивается; в зависимости от качества стали оно не должно превышать 0,035—0,06 %.

Фосфор - является вредной примесью, современные методы получения стали, не обеспечивают глубокого очищения металла от фосфора и содержание его в зависимости от качества стали допускается не более 0,025—0,045 %.

Способность фосфора к расположению по границам зерен также придает стали хрупкость в холодном состоянии (склонность к образованию трещин в шве или в зоне термического влияния - хладоломкость). Фосфор сильно искажает кристаллическую решетку и увеличивает пределы прочности и текучести, но уменьшает пластичность и вязкость особенно при низких температурах.

Медь - повышает стойкость стали против коррозии (атмосферной и в морской воде).

По установленному ГОСТу 5632-72 химический состав стали 12X18H10T должен быть следующим, и приведен в таблице 1. [2]

Таблица 1 - Химический состав стали 12X18H10T в % содержании

Марка стали	Cr	Ni	Ti	C	Si	Mn	Cu	S	P
				Не более					
12X18H10T	17,0- 19,0	9,0- 11,0	0,5- 0,8	0,12	0,8	2,0	0,30	0,020	0,035

Сталь 12X18H10T обычно применяется в виде холоднокатаного листа. В процессе холодной пластической деформации сталь легко наклепывается.

Предел прочности после холодной деформации (60-70%) может быть повышен до 120-130МПа.

Механические свойства для стали 12Х18Н10Т по ГОСТу 7350-77 для листов горячекатаных или холоднокатаных после закалки при температуре 1000°-1080°С, вода или воздух, приведены в таблице 2 [19]

Таблица 2 - Механические свойства стали 12Х18Н10Т

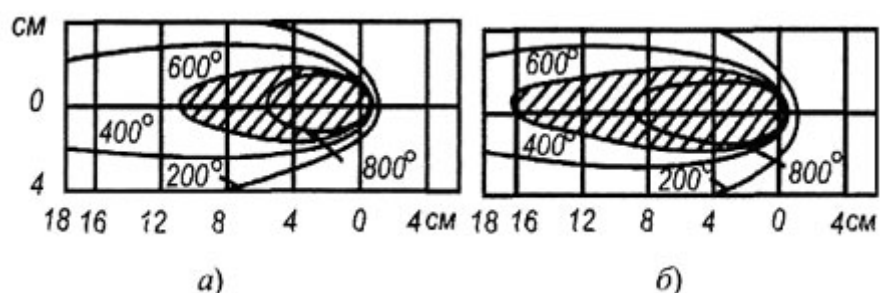
Марка стали	Сечение мм.	$\tilde{\sigma}_T$	$\tilde{\sigma}_B$	a_H	δ	ψ	HRC/HB
		МПа			%		
		Не менее					
12X18H10T	Св. 4 .	236	530	118	40	55	130-180

1.1.4 Характеристика свариваемости стали

Высоколегированные аустенитные стали обладают комплексом положительных свойств. Поэтому одну и ту же марку стали иногда можно использовать для изготовления изделий различного назначения, например: коррозионно-стойких, хладостойких, жаропрочных и т.д. В связи с этим и требования к свойствам сварных соединений будут различными. Это определит и различную технологию сварки (сварочные материалы, режимы сварки, необходимость последующей термообработки и т.д.), направленную на получение сварного соединения с необходимыми свойствами, определяемыми составом металла шва и его структурой.

Характерные для высоколегированных сталей теплофизические свойства определяют некоторые особенности их сварки. Пониженный коэффициент теплопроводности при равных остальных условиях значительно изменяет распределение температур в шве и околошовной зоне показано на рисунке 3. В результате одинаковой изотермы в высоколегированных сталях более развиты, чем в углеродистых сталях и это увеличивает глубину проплавления основного метал-

ла, а с учетом повышенного коэффициента теплового расширения возрастает и коробление изделий. [5]



а - углеродистая сталь, б - высоколегированная сталь

Рисунок 3 - Температурные поля при одинаковой погонной энергии и толщине металла при сварке

Поэтому для уменьшения коробления изделий из высоколегированных сталей следует применять способы и режимы сварки, характеризующиеся максимальной концентрацией тепловой энергии. Примерно в 5 раз более высокое, чем у углеродистых сталей.

Одна из основных трудностей при сварке рассматриваемой стали предупреждение образования в швах и околошовной зоне горячих трещин. Предупреждение образования этих дефектов достигается:

1) Ограничением (особенно при сварке аустенитных сталей) в основном и наплавленном металлах содержания вредных (серы, фосфора) и ликвирующих (свинца, олова, висмута) примесей, а также газов - кислорода и водорода. Для этого следует применять режимы, уменьшающие долю основного металла в шве, и использовать сварочные материалы с минимальным содержанием названных примесей. Техника сварки должна обеспечивать минимальное насыщение металла шва газами. Этому способствует применение для сварки постоянного тока обратной полярности. При ручной сварке покрытыми электродами следует поддерживать короткую дугу и сварку вести без поперечных колебаний. При сварке в защитных газах, предупреждая подсос воздуха, следует поддерживать короткий вылет элект-

трода и выбирать оптимальные скорость сварки и расход защитных газов. Необходимо также принимать меры к удалению влаги из флюса и покрытия электродов, обеспечивая их необходимую прокалку. Это уменьшит также вероятность образования пор, вызываемых водородом; [13]

2) Если сталь 12Х18Н10Т используют в качестве коррозионностойкого материала, то для сварки следует применить материалы, обеспечивающие получение швов с аустенитно-ферритной структурой. [5, 6]

Получением такого химического состава металла шва, который обеспечил бы в нем двухфазную структуру путем ограничения в нем содержания вредных примесей и легирование такими элементами, как молибден, марганец, вольфрам; применение различных технологических приемов.

Рассмотрим характеристику одного из таких путей. Образование в шве двухфазной структуры (аустенит и первичный феррит), которая способствует ее измельчению. В результате удастся полностью или частично подавить транскристаллитную первичную структуру. Такие швы несравненно более стойки против образования кристаллизационных трещин, чем однофазные чистоаустенитные.

Чтобы получить двухфазное аустенитно-ферритное строение металла шва, обеспечивают в нем соответствующее соотношение содержания ферритизирующих и аустенитизирующих элементов.

На этом принципе создано большинство сварочных материалов обеспечивающих получение в металле шва свыше 2—3% феррита. Швы с повышенным содержанием первичного феррита более стойки против образования трещин. Наличие первичного феррита в сварных швах вносит качественные изменения в этот процесс. Фазовые превращения в этом случае локализуются в объемах, занимаемых первичным ферритом, который, как известно, способен растворить больше хрома, чем аустенит. Вследствие этого обеднения пограничных слоев хромом до критических концентраций не происходит, такие швы обладают более высокой сопротивляемостью

межкристаллитной коррозии. Вместе с тем не следует забывать, что швы и стали с повышенным содержанием феррита более подвержены сигматизации в интервале температур 450—850°С, а следовательно, и потере пластичности, чем стали и швы с ограниченным содержанием феррита или чисто аустенитные. Поэтому для обеспечения служебных характеристик конструкций и узлов, работающих в интервале критических температур (преимущественно 450-650° С), содержание феррита в шве должно быть ограничено до 2-3%.

Это требование особенно тщательно должно соблюдаться при сварке конструкций, длительно работающих при этих температурах. Для сварки таких конструкций разработаны сварочные проволоки и электроды со строго регламентированным содержанием феррита в пределах 2-5%

Механизированные способы сварки, обеспечивая равномерное проплавление основного металла по длине шва и постоянство термического цикла сварки, позволяют получить и более стабильные структуры на всей длине сварного соединения. [7]

Применением технологических приемов сварки, которые приводят к изменению структуры и свойств металлов шва и околошовной зоны по сравнению с основным металлом. В процессе кристаллизации металла шва под воздействием сил направленных на изменение формы сварочной ванны и направления роста кристаллов аустенита. Действие растягивающих сил, перпендикулярное направлению роста столбчатых кристаллов (рисунок - 4а), а отсутствие зазора в угловом соединении способствует концентрации напряжений в соединении (рисунок - 4б), что увеличивает вероятность образования горячих трещин

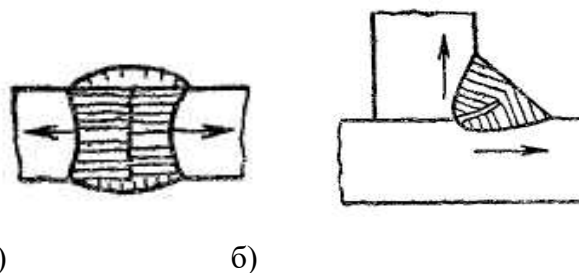


Рисунок 4 - Влияние направления роста кристаллитов на вероятность образования в швах горячих трещин

При механизированных способах сварки тонкими электродными проволоками поперечные колебания электрода, изменяя схему кристаллизации металла шва, позволяют уменьшить его склонность к горячим трещинам; Уменьшение силового фактора, возникающего в результате термического цикла сварки, усадочных деформаций, достигается ограничением силы сварочного тока, заполнением разделки швами небольшого сечения и применением соответствующих конструкций разделок.

Кроме перечисленных общих особенностей сварки высоколегированных сталей и сплавов, есть специфические особенности, определяемые их служебным назначением. При сварке высоколегированных сталей обеспечение требуемых свойств во многих случаях достигается термообработкой снимающей остаточные сварочные напряжения, с последующим стабилизирующим отпуском при температуре 850 - 900 °С. [6]

Характерным показателем, усложняющим свариваемость хромоникелевых сталей, является межкристаллитная коррозия (МКК). Межкристаллитная коррозия имеет опасные последствия - может вызвать хрупкие разрушения конструкций в процессе эксплуатации. [3]

При сварке коррозионно-стойких сталей различными способами для предупреждения МКК не следует допускать повышения в металле шва содержания углерода за счет загрязнения им сварочных материалов (графитовой смазки проволоки и т.д.), длительного и многократного пребывания металла сварного соединения в интервале критических температур.

МКК - развивается в зоне термического влияния, нагретой до температур 500-800°C (критический интервал температур).

При пребывании металла в опасном (критическом) интервале температур по границам зерен аустенита выпадают карбиды хрома Cr_4C , что приводит к обеднению приграничных участков зерен аустенита хромом а, как нам известно, хром определяет, коррозионную стойкость стали. Чтобы добиться стойкости стали против межкристаллитной коррозии, нужно исключить или ослабить эффект выпадения карбидов, т. е. стабилизировать свойства стали. Для повышения стойкости швов к межкристаллитной коррозии и создания в их металле аустенитно-ферритной структуры при сварке их обычно легируют титаном или ниобием. Однако титан обладает высоким сродством к кислороду и поэтому при способах сварки, создающих в зоне сварки окислительную атмосферу (ручная дуговая сварка, сварка под окислительными флюсами), выгорает в количестве 70 ... 90 %. Легирование швов титаном возможно при сварке в инертных защитных газах, при дуговой и электрошлаковой сварке с использованием фторидных флюсов. В металле швов содержание титана должно соответствовать соотношению $\text{Ti}/\text{C} > 5$. [8]

Структура и свойства хромоникелевых сталей и сварных швов зависят от содержания хрома и никеля, а также от степени легирования их другими элементами. Рассмотрим влияние легирующих элементов на структуру высоколегированных сталей и сварных швов. В результате многочисленных опытов исследователям удалось оценить эффективность действия на структуру сварного шва различных легирующих элементов и зависит это от эквивалентного содержания ферритизирующих (Cr, Si, Mo, Ti, Al, Nb, W, V) и аустенитизирующих (Ni, Co, C, N, Cu, Mn, B) элементов. Если принять эффективность действия хрома - ферритизатора и никеля - аустенитизатора в сварном шве за единицу, то эквивалентная концентрация хрома [Cr] и никеля [Ni] может быть подсчитана по формулам (1) (2).

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						20
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$[Cr]_{\text{экв}} = Cr + 1,5Si + Mo + 4Ti + 0,5Nb + 0,8V; \quad (1)$$

$$[Ni]_{\text{экв}} = Ni + 30C + 30Cu + 0,5Mn. \quad (2)$$

где: в правой части уравнения химические символы означают процентное содержание данных элементов в металле шва. [6]

$$[Cr]_{\text{экв}} = 19 + 1,5 * 0,8 + 0,8 + 4 * 0,8 + 0,5 * 0,4 + 0,8 * 0,15 = 24,52$$

$$[Ni]_{\text{экв}} = 10 + 30 * 0,12 + 30 * 0,18 + 0,5 * 2 = 18,4$$

Структура хромоникелевых сталей и сварных швов определяется соотношением, эквивалентного хрома и эквивалентного никеля, как показано в диаграмме Шеффлера на рисунке 5. [6]

При помощи соответствующих диаграмм, возможно проследить изменения структуры и образования фаз в околошовной зоне при сварке или в самой стали при термообработке. Это позволит более правильно назначать технологию сварки и термообработку узлов и конструкций.

Исходя, из условий эксплуатации стали назначают технологию сварки. Естественно, что выбранная технология сварки должна обеспечивать получение металла шва и околошовной зоны стойкого против образования трещин, обеспечивающую коррозионную стойкость сварных соединений, получение плотных швов и сохранение в процессе эксплуатации требуемых механических свойств сварного соединения.

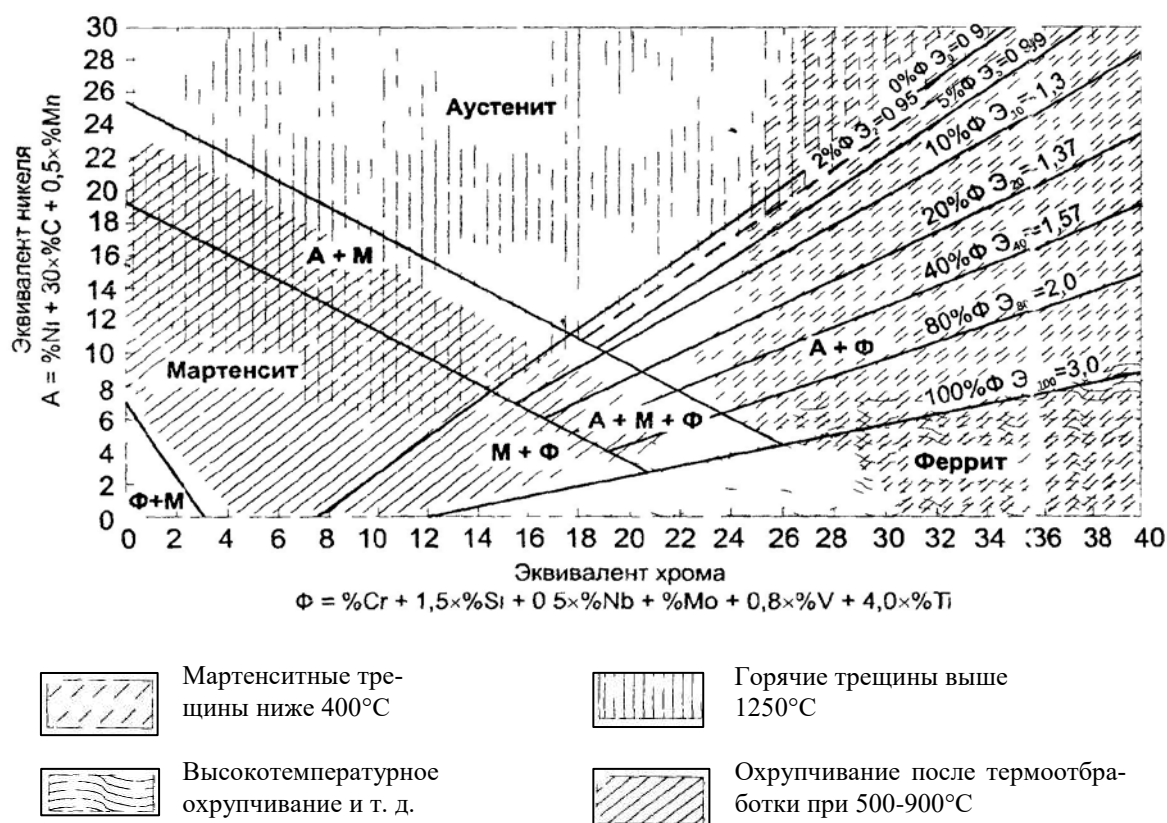


Рисунок 5 – Диаграмма Шеффлера

1.2 Описание базового технологического процесса

Для изготовления крыльчатки дымососа получают все детали входящие в сборку, в соответствии карты комплектности. Проверяют наличие маркировки и соответствие размеров заготовок относительно чертежей.

Началом изготовления конструкции является сборка и сварка комплектующих деталей использующихся при изготовлении изделия: конуса и диска состоящих из двух частей каждая.

Перед сборкой и сваркой проверяют правильность подготовки кромок на стыкуемых поверхностях. Проверку осуществляют по периметру заготовки. Затем проверяют размеры заготовок. [18]

Необходимо провести зачистку стыкуемых поверхностей в обе стороны от стыка. Зачистку осуществляют шлифовальной машиной по ГОСТу 12634-80, а также стыкуемые кромки обезжириваются ацетоном или бензином.

Сборка диска производится на сборочно-сварочной плите, при сборке обеспечивается зазор под сварку $2\pm 0,5$ мм и допускается смещение кромок по высоте не более 0,5 мм. После этого произвести сварку кромок короткими швами (прихватками) с шагом 50/200 мм. Прихватки производить ручной дуговой сваркой, используя электроды ЦЛ-11 ГОСТ-9466-75 диаметром 3 мм с $I_{св}=120$ А.

Для обеспечения хорошего качества шва, необходимо приварить к заготовке входную и выходную пластину размером 100×100 мм (показано на рисунке 5) для начала и концовки сварного шва. [12]

По окончании приварки пластин произвести контроль качества стыковки. Убедившись в правильности стыковки, проварить заготовку с одной стороны ручной дуговой сваркой электродами ЦЛ-11 диаметром 4 мм с $I_{св}=165$ А.

После сварки зачистить шов от шлака и снять усиление сварного шва при помощи шлифовальной машины. Затем заготовку перевернуть, и произвести сварку по аналогичной технологии и обработку сварного шва. Удалить входную и выходную пластины.

Контроль качества сварки выполнять внешним осмотром. Не допускаются следующие дефекты: трещины, поры и подрезы. После контроля заготовку транспортировать к листоправильным вальцам, допускается волнистость не более 1 мм. на плоскости 1 м². Закончив листоправильную операцию, диск переместить мостовым краном для дальнейшей сборки и сварки изделия к сборочно-сварочному кондуктору.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						23
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

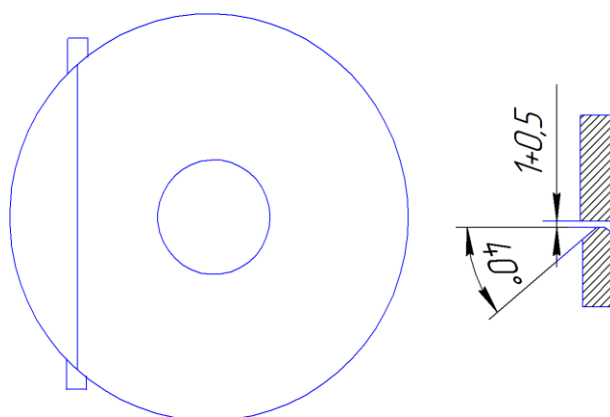


Рисунок 6 - Сборка-сварка диска

Сборка и сварка конуса осуществляется по схожей технологии, что и диска.

После зачистки, заготовки выложить на сборочно-сварочной плите для сварки стыкового шва, обеспечивая зазор под сварку $1,5 \pm 1$ мм.

После этого стыкуемые кромки прихватить в нескольких точках по длине стыка с шагом 50/150 мм. Проверить правильность сборки и соответствие размеров зазора по всей длине стыкуемых кромок, после приступить к сварке. Сварку производить РДС, используя электроды ЦЛ-11 ГОСТ-9466-75 диаметром 4мм. $I_{св} = 165-180$ А. Проварить конус с одной стороны, перевернуть с помощью мостового крана и проварить с другой стороны в аналогичном режиме. После сварки зачищаем швы от шлака и снимаем усиление шва, затем производим контроль качества сварки внешним осмотром. Пройдя контроль сварных швов, диск мостовым краном перемещается к кондуктору для дальнейшей сборки изделия

Сборку крыльчатки производить в специальном приспособлении (кондукторе) на поворотном сборочно-сварочном столе. Закрепить диск в кондукторе с помощью прижимов за наружный и внутренний диаметр.

Выполнить зачистку стыкуемых поверхностей от грязи и масла.

По шаблону на диске установить лопатки согласно нумерации допустимое отклонение, в шаге между лопатками на наружном диаметре по хорде

не более 1мм. После этого стыкуемые кромки прихватывают в нескольких точках по длине стыка с шагом 30/150мм. обеспечивая зазор под сварку $1\pm 0,5$ мм. Прихватки ведем РДС электродами ЦЛ-11 ГОСТ-9466-75 диаметром 3мм. $I_{св}=145-160$ А с выпуклой стороны лопатки. При стыковке лопаток к диску допускается смещение кромок относительно разметки не более 0,5мм. Когда все лопатки установлены на прихватки к диску, произвести зачистку прихваток от шлака при помощи шлифовальной машины и металлической щетки. Мостовым краном установить конус на рёбра лопаток. Вымерить равномерное положение конуса на лопатках и одинаковое нависание над лопатками по наружному диаметру. При помощи прижимного ролика прижать конус к лопаткам, и одновременно прихватывать лопатки с вогнутой стороны по длине стыка с шагом 30/150мм. Прихватки вести РДС с применением электродов марки ЦЛ-11 ГОСТ-9466-75 диаметром 3мм $I_{св}=120-130$ А.

На собранную конструкцию во внутренний диаметр конуса установить усилительное кольцо выдержать зазор под сварку 2 ± 1 мм. Перед сваркой стыкуемые поверхности обезжирить и выполнить прихватки с шагом 50/300мм по длине окружности РДС электродами марки ЦЛ-11 ГОСТ-9466-75 диаметром 3мм $I_{св}=140-160$ А. Сварку производить двумя сварщиками с противоположных сторон в одном направлении по окружности РДС электродами марки ЦЛ-11 ГОСТ-9466-75 диаметром 5мм $I_{св}=240-260$ А.

Проверив размеры и правильность сборки, крыльчатку установить мостовым краном на поворотный стол манипулятора и закрепить прижимами. Стол манипулятора выставить под угол 45° для сварки лопаток к диску угловым швом в лодочку. Перед сваркой проверить чистоту мест под сварку на лопатках, диске и конусе, на наличие шлака, масла и грязи. Сварку лопаток с диском производить РДС электродами 4мм $I_{св}=140-160$ А сначала с вогнутой, потом с выпнутой стороны с интервалом через две лопатки с поворотом стола вокруг своей оси, затем поворачиваем стол манипулятора относительно горизонтальной линии на 135° и провариваем лопатки с конусом, с выпуклой по-

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						25
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

том с вогнутой стороны также придерживаясь интервала в две лопатки на алогичных режимах. Одной из последней операцией в процессе сварки является термообработка. Для снятия в изделии напряжений после сварки и нормализации металла, его подвергаем термообработке. Мостовым краном уложить крыльчатку на поддон электропечи СДО. Нагревать изделие до температуры 850-900°С нагрев в интервале 500-900°С со скоростью менее 100°С/ч, выдержать при этой температуре в течение 2-3 часов, с последующим охлаждением на воздухе. [6]

После полного остывания всего изделия, произвести зачистку сварных швов от шлака и прилежащих плоскостей от брызг расплавленного металла. Провести контроль сварных швов методом красок и при необходимости выборочно провести ультразвуковой контроль. [14, 15]

Определив качество сварных швов, изделие транспортируется мостовым краном в токарное отделение для механической обработки и балансировки.

1.2.1 Применяемое оборудование

Для производства сварочных работ по базовой технологии применяют следующее оборудование:

1. Сварочный выпрямитель ВДУ-505
2. Поворотный стол ПС-3У
3. Манипулятор УСМ-1200

1.2.2 Анализ базовой технологии

Существующая технология имеет ряд серьёзных недостатков. Наиболее серьёзным недостатком является большая трудоемкость сварочного процесса. Для изготовления одного изделия в отдельных операциях требуется

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

работа двух сварщиков. Также необходимы большие затраты на очистку шва от шлака и околошовной зоны от брызг расплавленного металла образующихся в процессе ручной дуговой сварки плавящимися электродами. Такая технология связана с особенно вредными и тяжелыми условиями труда.

1.3 Выбор способа сварки

Хромоникелевые стали: аустенитного класса хорошо свариваются всеми видами сварки. Однако при выборе способов сварки следует учитывать специфические свойства, оказывающие влияние на качество свариваемых изделий. К ним относятся: низкая теплопроводность, более высокий коэффициент линейного расширения и склонность к межкристаллитной коррозии. Первые два свойства обуславливают повышенное коробление изделий из этих сталей в процессе сварки. Чтобы уменьшить склонность сталей к межкристаллитной коррозии и короблению изделий, сварку аустенитных хромоникелевых сталей необходимо вести так, чтобы обеспечить наименьшую зону нагрева при максимальной скорости сварки и быстром охлаждении. [11]

Для сварки нашей конструкции (изделие со сложной конфигурацией) целесообразно применение сварки в среде защитных газов. Выбор этого вида сварки объясняется рядом технико-экономических преимуществ, которые можно разделить на три вида: технологические, производственные и экономические. [5]

К технологическим преимуществам, относится простота процесса сварки, обеспечивающая высокую производительность и хорошее качество сварных швов. Сварка в среде аргона и его смесей обеспечивает высокое качество сварных швов при соединении нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Незначительное выгорание легирующих элементов при сварке позволяет получать швы, в которых сохраняются свойства

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						27
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

основного и присадочного металла. Этот способ дает возможность выполнять полуавтоматическую сварку коротких швов и автоматическую сварку швов, находящихся в различных пространственных положениях.

Объем ванны расплавленного металла при сварке в среде защитных газов меньше, чем при ручной электродуговой сварке, а скорость кристаллизации за счет обдува места сварки защитным газом быстрее. Все это позволяет вести сварку при минимальном короблении.[13]

К производственным преимуществам относятся: сокращение объема работ по очистке сварных швов, отсутствие вредных выделений при сварке, возможность непосредственного наблюдения за процессом сварки. При этом способе сварки отпадает необходимость очистки швов от шлаковой корки остатки, которых на поверхности изделия приводят к последующей коррозии. [8]

Автоматы и полуавтоматы для сварки в среде защитных газов просты по конструкции и в изготовлении, являются мобильными и имеют небольшой вес.[7]

Отсутствие вредных выделений при сварке улучшает условия работы и облегчает устройство вентиляции помещений. [3]

К экономическим преимуществам относятся небольшая стоимость наплавленного металла, аппаратуры и возможность использования (при незначительных переделках) имеющегося сварочного оборудования. Стоимость сварки в среде углекислого газа ниже стоимости ручной дуговой сварки качественными электродами и сварки под флюсом. [13]

1.3.1 Характеристика сварки в смеси защитных газов

При сварке в защитных газах специально подаваемый в зону горения дуги смесь газов защищает расплавленный металл сварочной ванны от воздействия окружающего воздуха. [13]

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

В качестве инертного газа применяют аргон, а в качестве активного защитного газа применяют углекислый газ. Инертные защитные газы применяют в основном при сварке высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов на их основе, а также высокоактивных металлов. Активные защитные газы, в частности углекислый газ, используют при сварке углеродистых и некоторых сортов легированных сталей. В ряде случаев с целью удешевления процесса сварки или придания определенных свойств сварному шву применяют смеси газов, основные из них приведенных в таблице 3. Особенность сварки в смеси инертного Ar 85% и активного CO₂ 15% газов заключается в том, что при содержании в смеси до 15% CO₂ могут быть получены те же процессы, что и в чистом аргоне. [8]

Сварка в защитных газах может производиться как неплавящимся электродом, так и плавящимся.

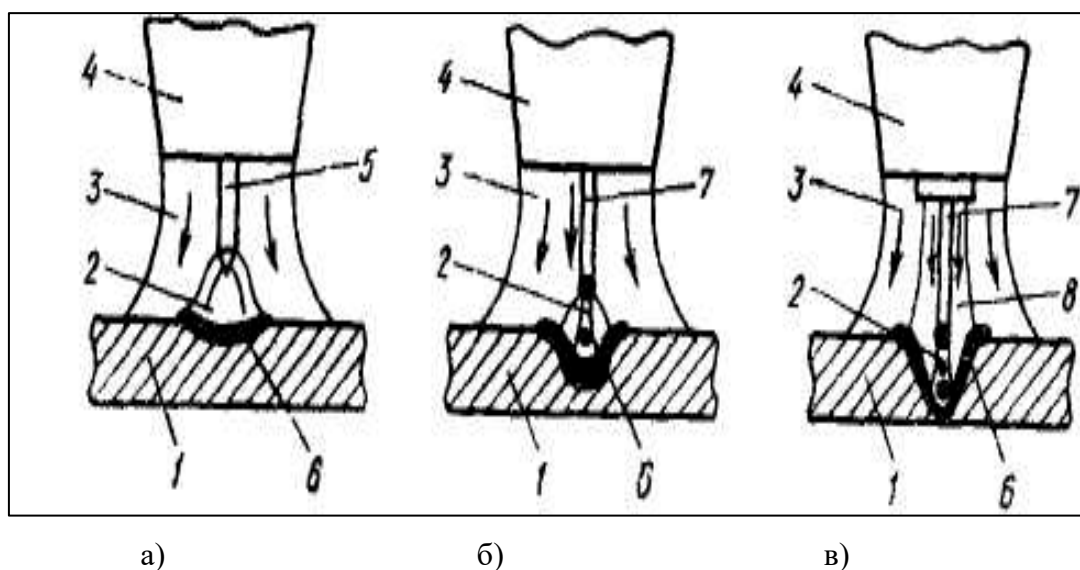
Таблица 3 - Газовые сварочные смеси и рекомендуемая область их применения

Состав газовой сварочной смеси	Свариваемые материалы	Область применения
80-95% Ar + 20-5% CO ₂	Углеродистые, средне и высоколегированные конструкционные стали	Капельный или струйный перенос электродного металла. Стабильность дуги. Сварка металлов широкого спектра толщин.
92% Ar + 6% CO ₂ + 2% O ₂	Углеродистые и легированные конструкционные стали	Капельный или струйный перенос электродного металла. Идеально подходит для сварки металлов малых толщин.

При сварке неплавящимся электродом, показано на рисунке 7-а, применяют вольфрамовый или угольный электрод, при этом основной металл расплавляется, а электрод, имеющий высокую температуру плавления, медленно испаряется. Процесс сварки неплавящимся электродом можно производить с присадочной проволокой или без нее. В этом случае свар-

ной шов образуется, расплавлением свариваемых кромок основного металла. При сварке плавящимся электродом, показано на рисунке 7-б, электродная проволока по мере ее плавления непрерывно подается в зону дуги. Расплавленный основной и электродный металл, смешиваясь, образуют сварной шов. С целью экономии аргона при сварке как неплавящимся, так и плавящимся электродом может применяться двойная защита зоны сварки - аргон и углекислым газом. При этом используют специальные горелки с двумя кольцевыми каналами, как показано на рисунке 7-в. По внутреннему каналу подается аргон, предохраняющий электрод от окисления, а по внешнему - углекислый газ, оттесняющий воздух от зоны сварки.

Это позволяет уменьшить расход аргона в 4-6 раз при хорошем качестве сварного шва.



1 - свариваемая деталь; 2 - дуга; 3 - защитный газ; 4 - сопло;
5 - неплавящийся электрод; 6 - сварочная ванна; 7 - плавящаяся электродная проволока; 8 - внутренний поток газа

Рисунок 7 - Схемы процессов сварки в защитных газах неплавящимся электродом (а), плавящимся электродом (б) и в двух потоках газа (в)

Сварка в защитных газах может быть ручной, механизированной и автоматической. Ручную сварку выполняют только вольфрамовым или

угольным электродом. При механизированной сварке механизмуется подача электродной или присадочной проволоки и защитного газа, а горелку перемещают вручную. [6,12]

При автоматической сварке механизированы все операции. Устойчивость горения дуги и форма шва при сварке плавящимся электродом, как в активных, так и инертных защитных газах зависят от характера переноса электродного металла через дуговой промежуток. Перенос металла с электрода на изделие является одной из важнейших характеристик сварки плавящимся электродом в защитных газах, он определяет технологические характеристики области применения процессов сварки. Перенос металла может происходить в виде жидких капель различных размеров и пара. Основные виды переноса электродного металла следующие:

- 1) крупнокапельный с короткими замыканиями разрядного промежутка;
- 2) крупнокапельный без коротких замыканий;
- 3) струйный перенос.

При небольшой плотности тока электродный металл переходит в шов в виде отдельных капель, как показано на рисунке 8-а. Дуга при этом нестабильна.

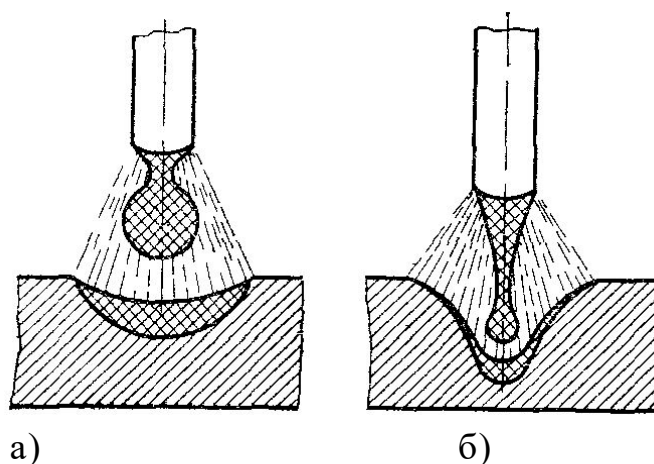
Крупная капля образуется на электроде постепенно и долго удерживается на нем. Если капля больше длины разрядного промежутка, то переход ее в ванну сопровождается коротким замыканием разрядного промежутка и погасанием дуги. Если капля меньше длины разрядного промежутка, то переход ее в ванну происходит без короткого замыкания.

Основными силами, обуславливающими крупнокапельный перенос, являются сила тяжести и сила поверхностного натяжения. Силы давления дуги, как и сила поверхностного натяжения, препятствуют отрыву капли от электрода, увеличивают размер капель, а в частности разбрызгивание. Отрыв капли от электрода, и направление ее полета определяются на малых

токах в основном силой тяжести, а на больших токах электродинамической силой. Поэтому процессы сварки с крупнокапельным переносом электродного металла применимы для сварки в нижнем положении.

При сварке с короткими замыканиями разбрызгивание происходит из-за выброса мелких капель от взрыва шейки, выброса остатка капли с электрода при повышенных токах $I_{к.з.}$ и расплескивания ванны при очень больших токах $I_{к.з.}$. Для уменьшения разбрызгивания рекомендуется ограничивать скорость нарастания и силу тока $I_{к.з.}$. Это достигается включением в сварочную цепь дросселя или дросселя и балластного реостата. Нормальное протекание процесса сварки и хорошее качество шва обеспечиваются при высокой плотности тока (100 А/мм^2 и более).

С увеличением плотности тока размер капель уменьшается, и капельный перенос металла сменяется струйным, показано на рисунке 8-б. Такой перенос электродного металла обеспечивает глубокое проплавление основного металла, формирование плотного шва с ровной и чистой поверхностью и разбрызгивание в допустимых пределах. [13,8]



а – капельный перенос; б – струйный перенос

Рисунок 8 – Перенос электродного металла в дуге при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов.

В соответствии с необходимостью применения высоких плотностей тока для сварки плавящимся электродом используют проволоку малого диа-

метра (0,6—3 мм) и большую скорость ее подачи. Такой режим сварки обеспечивается только механизированной подачей проволоки в зону сварки. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. В данном случае электрические свойства дуги в значительной степени определяются наличием ионизированных атомов металла электрода в столбе дуги. Поэтому дуга обратной полярности горит устойчиво и обеспечивает нормальное формирование шва, в то же время ей соответствуют, повышенная скорость расплавления проволоки и производительность процесса сварки.

При струйном переносе жидкий металл на электроде вытянут в виде конуса, с конца которого отрываются мелкие капли. Оплавляющийся конец электрода также имеет конусообразную форму. Значительная доля электродного металла переносится в виде пара (до 20%). [6, 13]

При струйном переносе электродного металла основными являются электродинамическая сила, сила поверхностного натяжения и, по-видимому, силы действия плазменных потоков. Предполагают, что существенно также влияние реактивной силы испарения. Сила тяжести невелика, поэтому электродный металл переносится в ванну во всех пространственных положениях.

Струйный перенос возможен при сварке на обратной и на прямой полярности в инертных газах и смесях их с другими газами

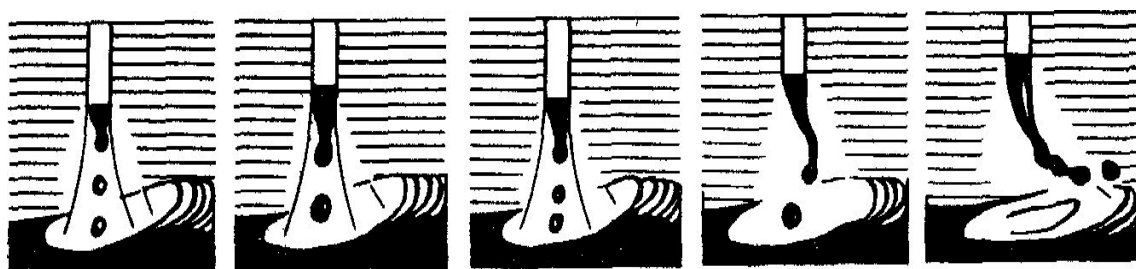
Обычно критическая сила тока и диаметр капель на прямой полярности больше, чем на обратной. С увеличением сварочного тока диаметр капель уменьшается, а частота переноса увеличивается. С повышением напряжения дуги увеличивается длина расплавленной конусообразной части электрода и размер капель, а сила тока $I_{кр}$ несколько уменьшается.

На больших токах струйный перенос переходит во вращательно-струйный. Характерным при этом является значительная величина расплавленной конусообразной части электрода и вращение ее вокруг элек-

трода. Капли отрываются от конца жидкой части и часто вылетают за пределы шва.

Основное значение в переходе от струйного переноса к вращательно-струйному, по-видимому, имеет увеличение длины расплавленной части электрода, усилие взаимодействия тока, протекающего по этой части электрода, с собственным магнитным полем и возросшее с повышением силы тока реактивное усилие испарения. В некоторых случаях при большой длине расплавленной части электрода наблюдается изгиб ее по спирали, показано на рисунке 8. Сила тока, при которой происходит переход от струйного к вращательно-струйному переносу, зависит от материала, диаметра и вылета электрода, предварительного разогрева электрода и напряжения дуги.

Аналогичная картина наблюдается при увеличенных вылетах электрода. С увеличением вылета электрода, предварительного его разогрева и с повышением напряжения дуги сила тока перехода уменьшается. В отличие от струйного переноса, при котором обеспечивается процесс сварки с высокими технологическими свойствами, вращательно-струйный перенос характеризуется повышенным разбрызгиванием, непостоянством длины дуги, напряжения и силы тока. [13]



Вылет 15мм
 $I_{св}=280А$

Вылет 40мм
 $I_{св}=280А$

Вылет 40мм
 $I_{св}=450А$

Вылет 60мм
 $I_{св}=280А$

Рисунок 9 – Изменение переноса металла с увеличением силы тока и вылета электрода

Процесс сварки разделяют на три основных стадии: установление заданного режима, стабильное течение сварки и прекращение сварки. Стадии начала и окончания сварки оказывает большое влияние на качество начального и конечного участков шва. Стабильное течение процесса сварки должно обеспечивать получение шва с заданными размерами и свойствами.

1.4 Предлагаемая технология изготовления изделия

В настоящее время крыльчатка дымососа изготавливается с помощью ручной дуговой сварки, но так как в предыдущих разделах было выявлено, что это не экономично и трудоемко, то я предлагаю сварку крыльчатки производить с использованием полуавтоматической и автоматической сварки в среде защитных газов.

При сборке под сварку конуса выставить зазор между стыкуемыми кромками 1-0,5мм. После этого стыкуемые кромки прихватывать в нескольких точках по длине стыка с шагом 50/100 мм. Прихватку вести полуавтоматом ПДГ-502, сварочная проволока Св 04Х17Н9М2 ГОСТ 2246-70 $d_{эл.}$ 1,4мм, защитный газ Ar85% + CO₂15%. Режимы сварки $I_{св}$ =231А, $U_{св}$ =25В, расход газа=11,7л/ч, $V_{п.пр.}$ =273м/ч.

Для обеспечения хорошего качества шва, приварить к заготовке входную и выходную пластину размером 100×100 мм.

После сборки на прихватки проверить правильность сборки и проварить с двух сторон полуавтоматической сваркой, используя оборудование и режимы, что и для прихваток. После сварки снимаем усиление шва и проводим контроль шва визуальным осмотром.

Для сборки и сварки диска также применять полуавтомат ПДГ-502 для сварки в смеси защитных газов, использовать проволоку Св-04Х17Н10М2 ГОСТ 2246-70 диаметром 1,6мм, как электродную. Выдерживать режимы сварки $I_{св}$ =255-260А, $U_{св}$ =27В, $V_{св}$ =18м/ч, расход газа=12,6л/мин,

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						35
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$V_{п.пр.}=235\text{м/ч}$. Перед сборкой выставить зазор $1\pm 0,5\text{мм}$, закрепить на плите, после этого стыкуемые кромки прихватить в нескольких точках по длине стыка с шагом $30/150\text{мм.}$, также привариваем к заготовке входную и выходную пластины размером $100\times 100\text{ мм}$. После этого проверяем равномерность зазора и производим зачистку прихваток пневматической щеткой УПЩР-1. Сварку производим сначала с одной стороны, а потом с другой в аналогичном для прихваток режиме. После сварки снять усиление шва и провести контроль сварного соединения. Для исправления искривлений диска, его транспортировать на листопрямильную машину.

Для сборки крыльчатки на прихватки применять полуавтомат ПДГ-502 для сварки в смеси защитных газов, использовать проволоку Св-04Х17Н10М2 ГОСТ 2246-70 диаметром $1,4\text{мм}$, как электродную. Выдерживать режимы сварки $I_{св}=210\text{А}$, $U_{св}=24,5\text{В}$, расход газа $=10,9\text{л/мин}$, $V_{п.пр.}=244\text{м/ч}$. Лопатки выставлять на диск без зазора по шаблону и прихватываем в нескольких точках по длине стыка с шагом $30/200\text{мм.}$ с выпуклой стороны, после этого установить конус на ребра лопаток и поджать прижимным роликом, затем прихватки производить в потолочном положении в нескольких точках по длине стыка с шагом $30/200\text{мм.}$. Выдерживать режимы сварки $I_{св}=220\text{А}$, $U_{св}=25\text{В}$, расход газа $11,2\text{л/мин}$, $V_{п.пр.}=240\text{м/ч}$.

При дальнейшей сварке на манипуляторе также использовать полуавтомат ПДГ-502 для сварки в смеси защитных газов и режимы при сварке, что и при сборке лопаток на диск.

Сборку и сварку усилительного кольца выполняется после листогибочной операции на листогибочном станке. При сборке под сварку усилительного кольца выставить зазор между стыкуемыми кромками зазор $2\pm 0,5\text{мм}$. После этого стыкуемые кромки прихватывать в нескольких точках по длине стыка с шагом $20/25\text{ мм}$. Прихватку вести полуавтоматом ПДГ-502, сварочная проволока Св 04Х17Н9М2 ГОСТ 2246-70 $d_{эл.}1,6\text{мм}$, защитный газ $\text{Ar}85\%$

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						36
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

+ +CO₂15%. Режимы сварки $I_{св}=280\text{А}$, $U_{св}=30\text{В}$, $V_{св}=20\text{м/ч}$, расход газа=13,2л/мин, $V_{п.пр.}=280\text{м/ч}$.

Для обеспечения хорошего качества шва, приварить к заготовке входную и выходную пластину размером 100×100 мм.

Прихватки усилительного кольца к конусу производить полуавтоматической сваркой, предварительно выставив зазор $1\pm 0,5\text{мм}$.

Для сварки усилительного кольца применять подвесную сварочную головку А-1406 для автоматической сварки в среде защитных газов, использовать проволоку Св-04Х17Н10М2 ГОСТ2246-70 диаметром 3мм, как электродную. Установить режимы сварки $U_{св}=34-36\text{В}$, $I_{св}=530-560\text{А}$, $V_{св}=30\text{м/ч}$, расход газа 12-15л/мин.

Заключительной операцией является контроль качества сварных соединений. Контроль производим методом красок(цветная дефектоскопия), она состоит в том, что на предварительно очищенную и обезжиренную поверхность сварного шва наносят слой пенетранта, которая под действием капиллярных сил проникает в полость дефектов. Эта жидкость, обладая большой смачивающей способностью, проникает в мельчайшие поверхностные дефекты: трещины, поры. После ее удаляют с поверхности, на поверхность шва наносится белая краска. Образовавшийся при этом на ее фоне красный рисунок воспроизводит форму и характер выявленного дефекта.

1.4.1 Выбор материалов для сварки

Для автоматической и полуавтоматической сварки, отталкиваясь от сравнительной характеристики приведенной в таблице – 4, выбираем для защиты сварочной ванны смесь с содержанием газов: аргон 85% + углекислый газ не более 15%. [13,11]

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						37
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4 - Сравнительные технологические характеристики при полуавтоматической сварке.

Защитный газ	Исв, А	Уд, В	Q, кг/ч	Y, %	анб, %
CO ₂	200-210	22-23	2,3	4,7	1,5
	300-310	30-33	4,3	6,7	2,0
97%Ar + 3% O ₂	200-210	21-22	3,0	1,4	0,25
	300-310	29-30	4,7	0,5	0,35
82%Ar + 18% CO ₂	200-210	24-25	3,0	3,8	0,2
	300-310	30-31	5,3	2,9	0,3

где: Q - количество наплавленного металла за единицу времени, кг/ч;

Y - коэффициент потерь электродного металла на разбрызгивание, %;

анб - коэффициент набрызгивания, определяющий трудозатраты на удаление брызг с поверхности свариваемых деталей, %.

Аргон (Ar) — это одноатомный газ, который в чистом виде не вступают в химические реакции, как с твердыми, так и жидкими металлами и практически нерастворим в большинстве из них.

Аргон - при нормальных условиях имеет плотность (20 °С и 101,3 кПа) 1,66 кг/м³. Выпускают его по ГОСТ 10157—79, согласно которому аргон предназначается для использования в качестве защитной среды при сварке, резке и наплавке легированных сталей различных марок, активных и редких металлов

В зависимости от содержания примесей аргон выпускают двух сортов: высшего - не менее 99,992% и первого - не менее 99,987%. Хранят и транспортируют газообразный аргон в стальных баллонах под давлением 15 МПа.

Углекислый газ, или диоксид углерода (CO₂), в нормальных условиях имеет плотность 1,839 кг/м³. Он тяжелее воздуха, что обеспечивает хорошую, газовую защиту сварочной ванны.

Выпускают углекислый газ по ГОСТ 8050—76. по физико-химическим показателям трех марок: сварочный - не менее 99,5%, пищевой не менее 98,8% и технический - не менее 98,5%. Хранят и транспортируют его в виде жидкости в стальных баллонах, под давлением 490 - 588 МПа. В

стандартный баллон емкостью 40л заливают 25л жидкого диоксида углерода, при испарении которого образуется 12600л углекислого газа. [7, 11]

При полуавтоматической сварке плавящимся электродом, швов расположенных в разных пространственных положениях используют электродную проволоку диаметром до 2мм, а при автоматической сварке швов в нижнем положении проволоку диаметром 3мм, т.к. применение проволок диаметров 4÷5мм. приводит к дополнительным затратам, это связано с тем, что аустенитная проволока после волочения сильно нагартовывается и обладает большой жесткостью и требуется термообработка (отжиг).

Для сварки стали 12X18H10T рекомендуется подбирать сварочную проволоку со строго регламентированным содержанием феррита в пределах 2-5%. Сварочная проволока Св-04X17H10M2 ГОСТ 2246-70 содержит 3,5% феррита и как нельзя хорошо подходит для сварки нашей конструкции. [6, 3]

По установленному ГОСТу 2246-70 химический состав сварочной должен быть следующим и приведен в таблице 5. [9]

Таблица 5 - Химический состав проволоки Св-04X17H10M2 в %

Марка сварочной проволоки	Cr	Ni	Nb	C	Si	Mn	Mo	S	P
				Не более					
Св-04X17H10M2	17,0-19,0	9,0-11,0	0,9-1,3	0,10	0,6	2,0	2,5	0,018	0,025

1.4.2 Выбор режимов сварки

Под режимом сварки понимается совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварного шва задан-

ных размеров, форм и качества. Основными характеристиками являются: диаметр электродной проволоки, сила тока, напряжение, скорость перемещения горелки вдоль свариваемых кромок, род тока, полярность. [12]

Из-за сложности процесса сварки невозможно иметь точные аналитические зависимости, которые позволяли бы рассчитывать упомянутые характеристики сварных соединений по режиму сварки с учетом всех технологических условий. Практическое получение информации, отражающей тонкости явления, а также позволяющей учитывать большое многообразие частных условий, возможно

только на основе применения экспериментальных методов. Поэтому технологический процесс сварки, как правило, рассчитывают по приближенным формулам, полученным на основе обобщения и аппроксимации результатов экспериментальных исследований.

Основная задача, возникающая перед технологом при выборе режима сварки, сводится к определению такого сочетания элементов режима, при котором обеспечивается требуемое качество сварного соединения при максимальной производительности и минимальной стоимости процесса.

Для данного способа сварки, марки основного металла и типа шва существует оптимальный режим, который в зависимости от конкретных условий может изменяться только в узких пределах. [5, 6]

1.4.3 Расчет режимов для автоматической сварки в среде защитных газов [10,5]

Исходные данные:

1. Марка свариваемого материала сталь 12X18H10T;
2. Толщина свариваемого изделия 12мм;
3. Тип соединения, стыковое с К-образной разделкой кромок; С-15
4. Величина зазора 1мм.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						40
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сварку выполняем в среде защитных газов на постоянном токе обратной полярности.

Определяем расчетную глубину проплавления при механизированной сварке, мм

$$h_p = 0.6S - 0.5b \quad (3)$$

где S толщина свариваемого металла 12мм;

b зазор между стыкуемыми кромками 1мм

$$h_p = 0,35 \cdot 12 - 0,5 \cdot 1 = 4,2 \text{ мм}$$

Определяем диаметр электродной проволоки, мм

$$d_{\text{эл}} = \sqrt[4]{h_p \pm 0.05 \cdot h_p} \quad (4)$$

$$d_{\text{эл}} = 1,43 \pm 0,21 = 1,64 \div 1,2 \text{ мм}$$

Определяем скорость сварки, мм/с

$$V_c = K_v \cdot \frac{h^{1.61}}{l^{3.36}} \quad (5)$$

где K_v зависит от диаметра проволоки, $K_v = 1120$

$$V_c = (4,2^{1.61} / 10^{3.36}) \cdot 1120 = 5 \text{ мм/с}$$

Сварочный ток определяется от размеров шва, А

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						41
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_c = K_1 \cdot \frac{h^{1.32} p}{e^{1.07}} \quad (6)$$

где K_1 получено экспериментальным путем и зависит от диаметра проволоки,

$$K_1 = 460$$

$$I_{cb} = 460 \cdot (4,2^{1.32} / 10^{1.07}) = 260 \text{ A}$$

Напряжение сварки определяется в зависимости от сварочного тока, В

$$U_c = 14 + 0.05 \cdot I_c \quad (7)$$

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot 260 = 27 \text{ В}$$

Определяем вылет сварочной проволоки, мм

$$L_e = 10 \cdot d_{en} \pm 2d_{en} \quad (8)$$

$$L_b = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 12,8 \div 19,2 \text{ мм}$$

Определяем расход защитного газа, л/с

$$g_{32} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_c^{0.75} \quad (9)$$

$$g_{3r} = 3.3 \cdot 10^{-3} \cdot 260^{0.75} = 0.21 \text{ л/с}$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки при сварке на обратной полярности, мм/с

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$V_{\text{эп}}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{I_c}{d_{\text{эп}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_c^2}{d_{\text{эп}}^3} \quad (10)$$

$$V_{\text{эп}} = 0,53 \cdot (260/1,6^2) + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot (260^2/1,6^3) = 53,83 + 11,45 = 65,3 \text{ мм/с (235 м/ч)}$$

Исходные данные:

1. Марка свариваемого материала сталь 12Х18Н10Т;
2. Толщина свариваемого изделия 6мм;
3. Тип соединения, стыковое без разделки кромок; С-7
4. Величина зазора 1мм.

Сварку выполняем полуавтоматом в среде защитных газов на постоянном токе обратной полярности.

Определяем расчетную глубину проплавления при механизированной сварке, мм

$$h_p = 0,6 \cdot 6 - 0,5 \cdot 1 = 3,1 \text{ мм}$$

Определяем диаметр электродной проволоки, мм

$$d_{\text{эп}} = 1,32 \pm 0,155 = 1,48 \div 1,16 \text{ мм}$$

Определяем скорость сварки, мм/с

где K_v зависит от диаметра проволоки, $K_v = 1100$

$$V_c = (3,1^{1,61} / 8^{3,36}) \cdot 1100 = 6,2 \text{ мм/с}$$

Сварочный ток определяется от размеров шва, А

где K_1 получено экспериментальным путем и зависит от диаметра проволоки,

$$K_1 = 460$$

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						43
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{св}=460*(3.1^{1,32}/8^{1,07})=231A$$

Напряжение сварки определяется в зависимости от сварочного тока, В

$$U_c=14+0,05*231=25B$$

Определяем вылет сварочной проволоки, мм

$$L_{в}=10*1,4\pm2*1,4=11,2\div16,8мм$$

Определяем расход защитного газа, л/с

$$g_{зг}=3.3*10^{-3}*231^{0.75}=0.196л/с$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки при сварке на обратной полярности, мм/с

$$V_{эп}=0,53*(231/1,4^2)+6,94*10^{-4}*(231^2/1,4^3)=62.4+13.53=75.93мм/с$$

(273м/ч)

Исходные данные:

1. Марка свариваемого материала сталь 12Х18Н10Т;
2. Толщина свариваемого изделия 6мм;
3. Тип соединения, тавровое без разделки кромок; Т-3
4. Без зазора

Сварку выполняем полуавтоматом в среде защитных газов на постоянном токе обратной полярности.

Определяем расчетную глубину проплавления при механизированной сварке, мм

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						44
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$h_p=(0,7\div 1,1)*K \quad K\leq 1,2S_{\text{мм}} \quad (11)$$

$$h_p=(0,7\div 1,1)*5=3,5\div 5,5\text{мм}$$

Определяем диаметр электродной проволоки, мм

$$d_{\text{эп}}=1,36\pm 0.175=1,53\div 1,8\text{мм}$$

Определяем скорость сварки, мм/с

где K_v зависит от диаметра проволоки, $K_v=1100$

$$V_c=(3.4^{1,61}/9^{3,36})*1100=5\text{мм/с}$$

Сварочный ток определяется от размеров шва, А

где K_1 получено экспериментальным путем и зависит от диаметра проволоки,

$$K_1=440$$

$$I_{\text{св}}=440*(3.4^{1,32}/9^{1,07})=210\text{А}$$

Напряжение сварки определяется в зависимости от сварочного тока, В

$$U_c=14+0,05*210=24,5\text{В}$$

Определяем вылет сварочной проволоки, мм

$$L_b=10*1,4\pm 2*1,4=11,2\div 16,8\text{мм}$$

Определяем расход защитного газа, л/с

$$g_{\text{зг}}=3.3*10^{-3}*210^{0.75}=0.182\text{л/с}$$

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						45
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определяем скорость подачи электродной проволоки при сварке на обратной полярности, мм/с

$$V_{\text{эл}} = 0,53 \cdot (210/1,4^2) + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot (210^2/1,4^3) = 56,8 + 11,2 = 68 \text{ мм/с} = 244 \text{ м/ч}$$

Приближенные данные расчетов режимов для автоматической сварки в среде защитных газов приведены в таблице 6 и могут изменяться в больших диапазонах. [13]

Таблица 6 - Режимы для автоматической сварки в среде защитных газов

Толщина металла, мм	Тип шва	d эл. проволоки, мм	Вылет эл. проволоки, мм	I сварочной дуги А	U сварочной дуги, В	V сварки, м/ч	Расход CO ₂ , л/мин
6	Двухсторонний	2	15	250-260	28-30	30	12-15
12	Двухсторонний	3	25-30	530-560	34-36	30	12-15

1.4.4 Контроль качества сварки

Основными задачами технического контроля сварочных работ являются: выявление производственного брака и установление причин его возникновения; указание методов устранения и исправления брака. [13]

Для обеспечения высокого качества сварных соединений необходимо использовать качественные исходные материалы (основной металл, электроды, сварочную проволоку, флюсы, защитные газы и т. д.) Качество исходных материалов устанавливают на основании сертификатов данных, для чего определяют их соответствие для данного тех-

нологического процесса сварки изделия. При наличии внешних дефектов, а также при отсутствии сертификатов исходные материалы допускаются для сварки только после проведения химического анализа, механических испытаний и испытаний на свариваемость.[15]

Качество сварных соединений в большой степени зависит от исправности сварочного оборудования. Цель и назначение данного вида контроля - обеспечить поддержание сварочного оборудования в рабочем состоянии в соответствии с паспортными данными на каждую машину или аппарат. Машины и аппараты для дуговой сварки должны обеспечивать устойчивое горение дуги, требуемую точность и правильность регулировки режима сварки.

Большое значение для обеспечения качества выпускаемой продукции имеет операционный контроль в процессе производства. Контроль технологии изготовления сварных изделий включает в себя проверку подготовки заготовок, исправности сварочных приспособлений, сборки узлов под сварку, состояния сварочных материалов, сварочного оборудования и соблюдения установленных режимов сварки. У свариваемых заготовок проверяют форму, размеры и геометрию разделки свариваемых кромок, а также проверяют отсутствие загрязнений, ржавчины и влаги.

Внимательное и непрерывное наблюдение за состоянием оборудования, аппаратуры, приспособлений, приборов и инструментов, а также за ходом выполнения сварочных операций каждым сварщиком позволит своевременно обнаружить дефекты сварки и принять меры по устранению причин их образования. У сварочных приспособлений контролируют исправность зажимных устройств, пригодность установочных поверхностей.

В собранных узлах проверяют основные габаритные размеры, величины зазоров в стыках и смещение свариваемых кромок, качество прихваток и наличие выводных планок.

Контроль готового узла. Предусматривает выборочно один или несколько видов проведения контроля: внешний осмотр и обмер сварных соединений, испытание на плотность сварных швов, просвечивание рентгеновскими или гамма-лучами, контроль ультразвуком, магнитные методы контроля, металлографические исследования, механические испытания.

Вид контроля выбирают в зависимости от назначения изделия и требований, предъявляемых техническими условиями или ГОСТом.[14]

Изделие проходит три стадии контроля качества:

- 1) внешний осмотр
- 2) люминесцентный контроль
- 3) ультразвуковую дефектоскопию

Внешний осмотр сварных швов — наиболее простой и широко распространенный способ контроля качества. Он является первой контрольной операцией по приемке готового сварного узла или изделия. Этим видом контроля подвергают все сварные швы независимо от того, как они будут испытаны в дальнейшем.

Внешним осмотром сварных швов выявляют наружные дефекты: непровары, наплывы, прожоги, подрезы, наружные трещины и поры, смещение свариваемых кромок деталей и т. п. Визуальный осмотр производят как невооруженным глазом, так и с применением лупы с увеличением до 10 раз.

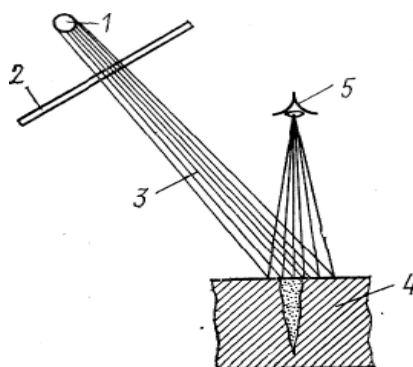
Приступая к осмотру, сварной шов и прилегающую к нему поверхность основного металла на ширину не менее 20мм по обе стороны шва очищают от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений, которые могут затруднить проведение осмотра.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						48
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Осматривать швы необходимо по всей их протяженности.

Методы капиллярной дефектоскопии позволяют выявлять различного рода трещины, закаты, свищи, микропористость и другие дефекты,, за счет чего они и позволяют увеличить контрастность индикаторного рисунка, образующегося на дефектах.

Люминесцентный контроль - основан на свойстве некоторых веществ к светоотдаче, которые светятся под действием ультрафиолетового излучения. Перед контролем поверхности сварного шва и околошовной зоны очищают от шлака и загрязнений, затем на них наносят слой проникающей жидкости (пенетрата). После этого жидкость удаляют протиркой или промывкой, а изделие просушивают. Для обнаружения дефектов поверхность сварного шва просвечивают ультрафиолетовым, смотри рисунок - 5, излучением (в местах дефектов наблюдается яркое желто-зеленое свечение).



1 - источник ультрафиолетового излучения, 2 - светофильтр,
3 -ультрафиолетовое излучение, 4 -контролируемая деталь,
5 - глаз человек

Рисунок - 10 Люминесцентный контроль сварного шва

Ультразвуковая дефектоскопия предназначена для выявления скрытых (внутренних дефектов). Она основана на свойстве ультразвуковых волн направленно распространяться, в средах в виде лучей и отражаться от границ сред или нарушений сплошности (дефектов), обладающих другим акустическим сопротивлением. В практике контроля

качества сварных соединений используют в основном эхо-импульсный метод (или метод эхо-локации). Он заключается в озвучивании изделия короткими импульсами ультразвука и регистрации эхо-сигналов отраженных от дефекта к приемнику. Признаком дефекта является появление эхо-сигнала (импульса) на экране дефектоскопа.[16]

К основным преимуществам ультразвуковой дефектоскопии относятся высокая чувствительность, мобильность аппаратуры, оперативность в получении результатов, низкая стоимость контроля, отсутствие радиационной опасности. Метод получил широкое распространение в промышленности для выявления дефектов: трещин, непроваров, шлаковых и других включений в сварных швах толщиной от 1,0 до 2800мм. В энергомашиностроении, судостроении, химическом машиностроении и других отраслях промышленности ультразвуковая дефектоскопия является основным методом неразрушающего контроля ответственных швов, как при их изготовлении, так и в процессе эксплуатации.

1.5Выбор оборудования

1.5.1 Выбор оборудования для полуавтоматической сварки

При полуавтоматической сварке механизирована только операция подачи электродной проволоки, а передвижение дуги вдоль свариваемого шва осуществляется в ручную. Полуавтоматы выпускаются по способу подачи сварочной проволоки в зону сварки трех видов:

- 1) шланговый полуавтомат толкающего типа
- 2) шланговый полуавтомат тянущего типа
- 3) шланговый полуавтомат тянуще-толкающего типа

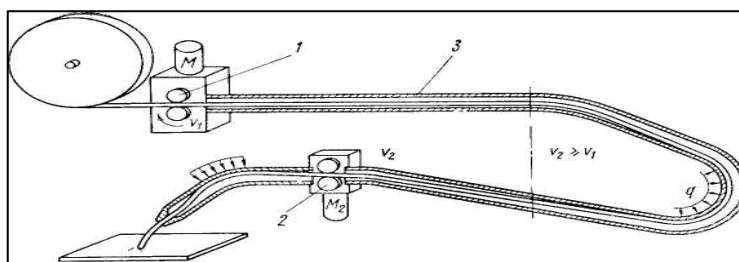
Система подачи толкающего типа (показанного на рисунке 11) является наиболее распространенной и используется во всех полуавтоматах, вы-

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						50
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пускаемых отечественной промышленностью. К недостаткам этой системы относятся ограничение длины (до 3м) шланга, изгиб проволоки в направляющем канале, невозможность подачи проволоки малого диаметра и значительные усилия в механизмах подачи. Преимуществами являются простота устройства, небольшие размеры и масса горелки, которые служат основными критериями для оператора-сварщика. [19, 16]

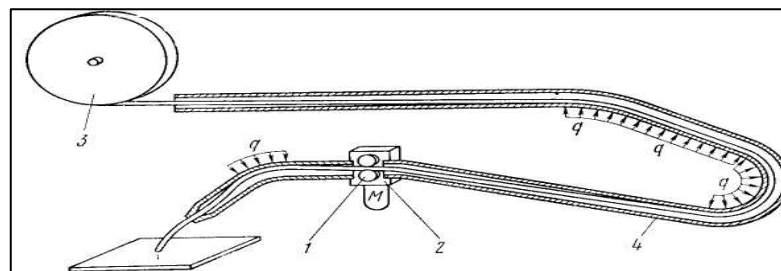
Система подачи тянуще-толкающего типа (показанного на рисунке 12) комбинированная, усилия в ней минимальны. Такая система может быть использована для подачи тонких (диаметром менее 1мм) проволок на значительное (до 10—20 м) расстояние. Однако горелка в такой системе имеет большую массу и габариты. При отсутствии в системе полной синхронизации используют один двигатель с постоянным моментом (толкающий), а другой — с постоянной скоростью (тянущий).

В системе подачи тянущего типа (показанного на рисунке 13) к электродной проволоке приложена сила натяжения, и она не изгибается в направляющем в канале, но при скручивании канала существует опасность разрыва проволоки. Горелка в этой системе имеет значительные размеры и массу.



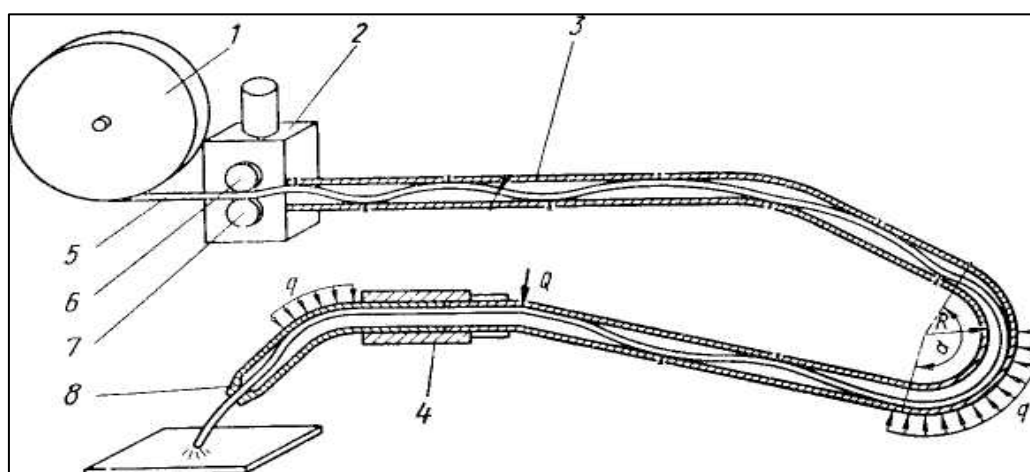
1-механизм подачи; 2- тянущий механизм; 3-гибкий направляющий канал

Рисунок 11 - Шланговый полуавтомат тяни-толкающего типа



1-подающие ролики; 2-ручная горелка; 3-катушка с проволокой; 4-гибкий направляющий канал; М-электродвигатель механизма протягивания

Рисунок 12 - Шланговый полуавтомат тянущего тип



1-актушка с проволокой; 2-подающее устройство; 3-гибкий направляющий канал; 4-горелка; 5-электродная проволока; 6,7-ведущий и прижимной ролики; 8-наконечник горелки

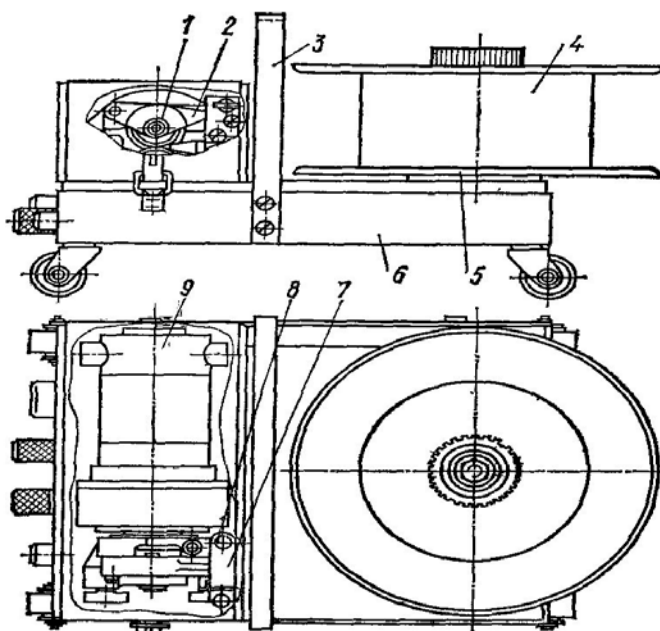
Рисунок 13 - Шланговый полуавтомат толкающего типа

Проанализировав типы подающих механизмов, приходим к выводу, что в нашем случае подойдет полуавтомат толкающего типа изображенный схематично на рисунке 13.. Потому-что используемая проволока имеет достаточную жесткость, и подача ее не будет затруднена по гибким направляющим каналам.[6]

1.5.2 Описание сварочного полуавтомата ПДГ-502

Сварочный полуавтомат ПДГ-502 предназначен для ведения дуговой сварки стальным плавящимся электродом в среде защитных газов стальных конструкций, швы которых расположены в различных пространственных положениях и труднодоступных местах. Полуавтомат состоит из сварочной горелки, механизма подачи электродной проволоки, переносного пульта управления, источника питания с встроенным блоком управления полуавтоматом, газового редуктора с расходомером и подогревателем газа, соединительных шлангов и проводов. Смесь газов подается из баллонов.[7, 5]

Механизм подачи электродной проволоки, изображенный на рисунке 14 используем открытого типа с кассетой рассчитанной на 12 или 20кг стальной проволоки.



1-прижимное устройство; 2-рычаг; 3-ручка для переноса; 4-кассета;
5-тормозное устройство; 6-основание; 7-пружина; 8-винт регули-
ровки прижима; 9-электропривод

Рисунок 14 - Механизм подачи электродной проволоки

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.955 ПЗ

Лист

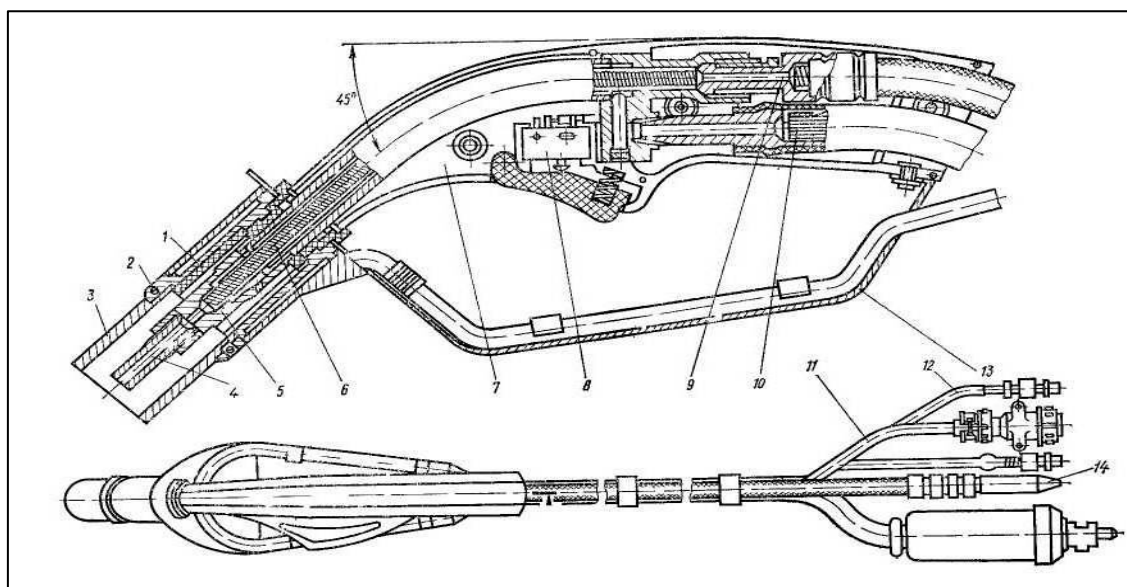
53

Электродвигательный привод состоит из цилиндрического редуктора и электродвигателя постоянного тока. На выходном валу редуктора укреплено зубчатое колесо с ведущим роликом. Второе зубчатое колесо является прижимным роликом, но благодаря наличию зубчатого зацепления оба ролика являются ведущими. Кассета с электродной проволокой устанавливается на тормозном устройстве, которое не допускает самораскручивания проволоки при работе. Все узлы механизма подачи смонтированы на основании в нижней части которого расположены отверстия для крепления планки, фиксирующей соединительные провода и шланги. К основанию крепятся четыре колеса, для переноски механизма подачи имеется ручка.

1.5.3 Описание сварочной горелки ГДПГ-501-4

Сварочная горелка ГДПГ-501-4 (рисунок 15) предназначена для сварки электродной проволокой диаметром до 2 мм при силе тока до 500 А. Она является первым представителем новой унифицированной серии горелок, основанной на использовании полого электросварочного кабеля КПЭС со сменной направляющей спиралью. Для предотвращения перегрева горелки сопло охлаждается проточной водой, что способствует длительному использованию ее в процессе сварки. Характеристика горелки приведена в таблице 7. [10, 16]

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



1-сопло; 2- пружинное кольцо; 3- сменное сопло; 4- наконечник;
 5- электрододержатель; 6- спираль; 7- корпус с изогнутой
 направляющей трубкой; 8- включатель; 9-направляющий канал;
 10-токогазоподвод; 11- проводов управления; 12-шланги для
 охлаждающей воды; 13-защитный экран

Рисунок 15 – Сварочная горелка ГДПГ-501-4

Таблица 7 - Технические параметры горелки ГДПГ-501-4

Номинальный сварочный ток, А	500
Сечение токоподводящей жилы, мм ²	50
Внутренний диаметр, мм	
спирали кабеля	6
сменной спирали	3
Диаметр электродной проволоки, мм	1,4; 1,6; 2,0
Длина кабеля, м	3

1.5.4 Выбор источника питания

При дуговой сварке в смеси защитных газов сварочная дуга имеет падающую или жесткую вольт-амперную характеристику т.к. при больших плотностях тока рост площади активных пятен ограничен торцами электродов, поэтому напряжение с ростом тока увеличивается.

При больших плотностях тока для сварки в смеси защитных газов вольтамперная характеристика – жесткая при этом статическая устойчивость

система “источник – дуга” может быть обеспечена как при жесткой, так и при падающей, и даже возрастающей внешней характеристикой источника. Рациональнее использовать источник питания с жесткой характеристикой. [16]

Поэтому выбираем универсальный выпрямитель со встроенным блоком управления в нишу выпрямителя для однопостовой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов ВДУ 506-1. Технические характеристики выпрямителя приведены в таблице 8. Он предназначен для питания установок автоматической и полуавтоматической сварки. С помощью слабых цепей управления можно сформировать и жесткие, и крутопадающие внешние вольтамперные характеристики

Таблица 8 – Основные параметры сварочного выпрямителя ВДУ 506-1

Техническая характеристика	ВДУ 506-1
Напряжение трех фазной питающей сети частотой 50 Гц, В	380±10%
Максимально потребляемая мощность, кВт*А, не более	40
Сила номинального тока, А	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	60-500
Напряжение холостого хода, В	75-80
Номинальное рабочее напряжение, В	46-50
Внешняя характеристика	Жесткая, падающая
Габаритные размеры	1100X840X1060
Масса, кг	365

1.5.5 Выбор оборудования для автоматической сварки

По технологии изготовления крыльчатки усилительное кольцо проваривается с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

При выборе оборудования следует остановить свой выбор на подвесной головке А-1406, так как использование сварочного трактора при сварке нашего изделия имеет ряд неудобств из-за конфигурации конструкции. [7]

Таблица 9 – Основные технические данные подвесной головки А-1406

Техническая характеристика	А-1406
Источник сварочного тока	ВДУ-1201
Сила номинального сварочного тока, А	1000
Диаметр электродной проволоки, мм	2-5
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	17-553
Диапазон скорости сварки, м/ч	25-250
Габаритные размеры, мм	1010X890X1725
Масса, кг	215

Источником питания сварочной дуги при автоматической сварке в среде защитных газов используем ВДУ-1201. Он предназначен для однопостовой механизированной сварки в защитных газах и под флюсом. Состоит из силового трехфазного трансформатора стержневого типа, силового блока тиристоров, дросселей сварочной цепи, сетевого автоматического выключателя, блоков управления и защиты, панели аппаратуры. Силовой блок тиристоров состоит из шести тиристоров, собранных по кольцевой схеме. Выпрямитель ВДУ-1201 является универсальным, его внешние характеристики, как показано на рисунке 16, могут быть падающими и жесткими. По основным техническим параметрам [12], которые приведены в таблице 10 видно, что данный выпрямитель выбран правильно и соответствует требованиям технологического процесса.

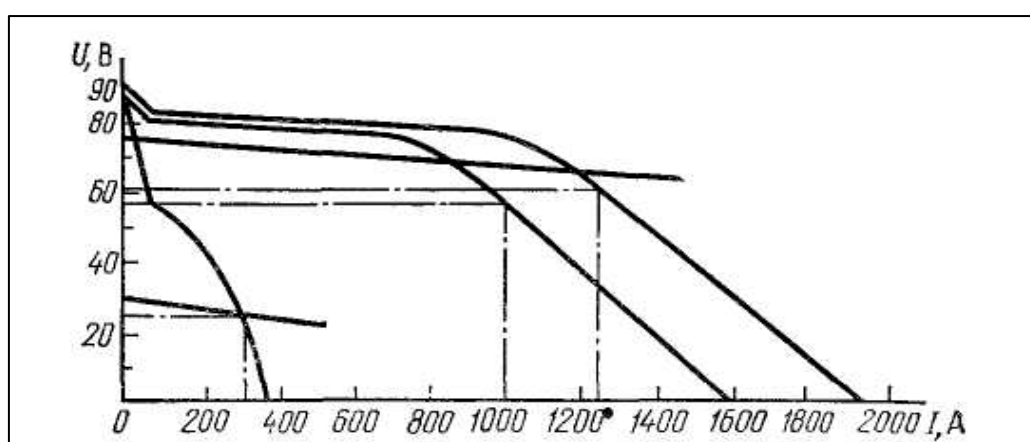


Рисунок 16 – Внешние характеристики ВДУ-1201

Таблица 10 – Основные технические данные ВДУ-1201

Техническая характеристика	ВДУ-1201
Номинальная мощность, кВт*А	130
Сила номинального сварочного тока, А	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	300-1250
Напряжение холостого хода, В	100
Номинальное рабочее напряжение, В	56
Номинальный режим работы, ПВ%	100
Габаритные размеры, мм	1400X850X1250
Масса, кг	750

1.5.6 Описание манипулятора УСМ-1200

Манипулятор предназначен для поворота и установки изделия в положение, удобное для сварки, и вращение его с рабочей скоростью при автоматической или ручной сварке круговых швов.

Эксплуатационная характеристика манипулятора определяется его грузоподъемностью (т.е. его наибольшим весом изделия при горизонтальном положении стола), наибольшими габаритными размерами и числом степеней свободы его перемещения. При наклоне планшайбы и при смещении центра тяжести изделия величина его допустимого веса снижается.

Манипулятор (рисунок 17) состоит из следующих основных узлов: станины 8, подъемного корпуса 5, механизма подъема 9, поворотного стола 4, механизма наклона 2, планшайбы 1 и механизма вращения 3. Подъемный корпус укреплен на станине при помощи цапф 6.

Свариваемое изделие закрепляется на планшайбе или на специальном приспособлении (крестовине) прижимными планками. Манипулятор обеспечивает вращение изделия вокруг оси планшайбы с рабочей и маршевой скоростями, подъем и наклон крупногабаритных изделий на разный угол относительно горизонтальной плоскости.

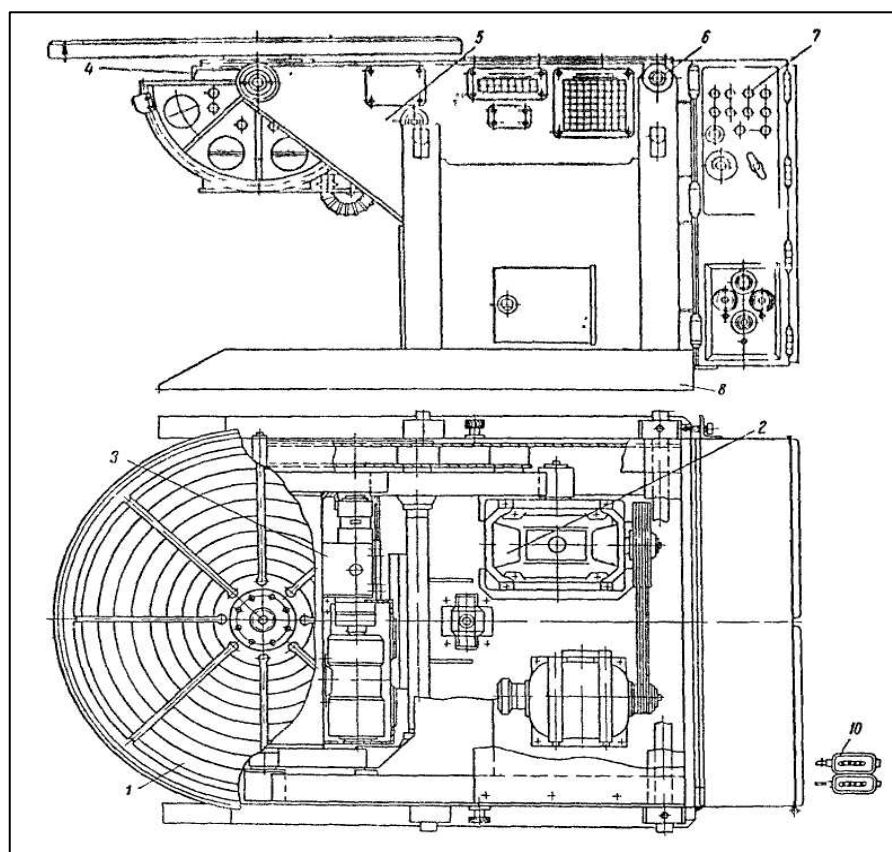
Планшайба вращается от электродвигателя постоянного тока (питающего от электромашинного усилителя) через двухступенчатый червячный

редуктор. Скорость вращения плавно регулируется потенциометром, смонтированным на пульте управления манипулятора.

Наклон стола осуществляется электродвигателем через передачу на червячный редуктор, подъем стола также осуществляется электродвигателем через червячную пару и домкратный винт с шарнирно закрепленной гайкой.

Управление манипулятором осуществляется со стационарного пульта установленного на станине, или от переносной кнопочной станции.

Применение стандартных, централизованно изготавливаемых узлов механического сварочного оборудования позволяет легко и вжатые сроки создавать установки для сварки различных изделий.



1-планшайба; 2-механизм наклона; 3-механизм вращения;
4-поворотный стол; 5-механизм подъема; 6-цапфа; 7-шкаф
управления; 8-станина; 9-механизм подъема

Рисунок 17 - Манипулятор УСМ-1200

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.955 ПЗ

Лист

59

Таблица 11 - Технические данные манипулятора УСМ-1200

Грузоподъемность, т	1,2
Размеры свариваемого изделия, мм	до 2500x2500x1000
Диаметры свариваемых круговых швов, мм наименьший наибольший	50 2000
Допускается смещение центра тяжести при наибольшем весе изделия, мм над планшайбой от центра планшайбы	365 125
Число оборотов планшайбы в минуту; при рабочей скорости при маршевой скорости	0,56-2,262 6,36
Способ регулирования скорости сварки	потенциометром
Электродвигатель вращения планшайбы: Тип Номинальная мощность, кВт Число оборотов в минуту	МИ-32 1,9 2100
Угол наклона стола, градус нижнее положение верхнее положение	135 115
Время наклона стола на 90°, мин	0,3
Электродвигатель наклона стола: Тип Мощность, кВт Число оборотов в минуту	A42-6 1,7 930
Высота подъема стола, мм	До 500
Электродвигатель подъема стола: Тип Мощность, кВт Число оборотов в минуту	A032-4 1 1410
Габаритные размеры, мм	2350x14400x1160
Масса, кг	2370

1.5.7 Описание колонны ПК-1

Колонна ПК-1 предназначена для сварки кольцевых швов и для удобства и возможности установки свариваемого изделия под сварочным аппаратом с помощью крана является поворотной. На рисунке 18 показана поворотная колонна ПК-1, предназначенная для установки несамоходных сварочных аппаратов. Колонна состоит из основания 9, стойки 8, консоли 5, направляющей 4, каретки 7 и двух электроприводов вертикального и гори-

зонтального перемещения консоли. Вертикальное перемещение каретки с консолью осуществляется от электродвигателя 1 через двухступенчатую зубчатую передачу 2, ходовой винт 3 и гайку 6, укрепленную на каретке. Каретка перемещается по вертикальным направляющим стойки на четырех роликах. Горизонтальное перемещение консоли осуществляется от электропривода, размещенного внутри консоли. Стойка с консолью поворачивается вокруг оси основания вручную. Для закрепления стойки в основании предусмотрен фрикционный зажим 10.

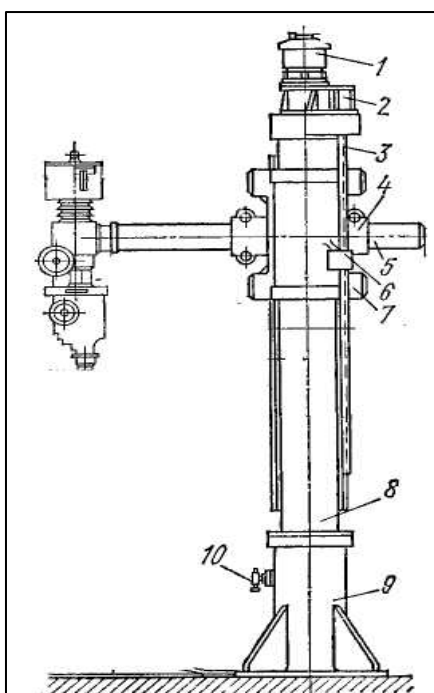


Рисунок 18- Поворотная колонна ПК-1

Таблица 12 - Технические данные колонны ПК-1

1	Диаметр свариваемого изделия, мм	600-2000
2	Поворот консоли, град.	360
3	Поворот и отпуск консоли, м/мин.	2
4	Горизонтальное перемещение консоли, м/мин.	1
5	Мощность электропривода вертикального перемещения каретки, кВт	2,8
6	Высота уровня сварки, мм	800-2400
7	Расстояние между осями стойки и электрода, мм	1100-2200

1.5.8 Описание сварочного стола с механизмом вращения.

Стол предназначен для сварки и поворота изделий вокруг вертикальной оси на маршевой скорости при полуавтоматической или ручной сварки.

Станина стола сварная. На столе смонтирован привод вращения планшайбы, состоящий из двигателя постоянного тока и червячно-цилиндрического редуктора. Изделие крепится на планшайбе с Т-образными пазами с помощью крепежных приспособлений. Основные технические данные приведены в таблице 13.

Электроаппаратура размещена в отдельном шкафу. Управление кнопочное с переносного пульта.

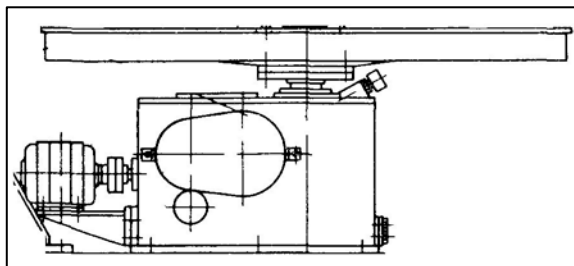


Рисунок 19 – Общий вид поворотно-сварочного стола

Таблица 13 - Технические данные поворотного стола ПС-М21050А

1	Наибольшая грузоподъемность, кг	2000
2	Наибольший крутящий момент на оси вращения, Н·м	1000
3	Диаметр свариваемой конструкции, мм	100-2450
4	Напряжение питающей сети, В	220/380
5	Мощность электродвигателя привода вращения, кВт	0,8
6	Габариты стола, мм	1000x1000x630
7	Масса стола, кг	620

2 Экономический раздел

В этой части производится расчет экономической эффективности предлагаемого проекта, для этого сравниваем капитальные вложения и технологическую себестоимость базового и проектируемых вариантов, находим срок окупаемости и годовой экономический эффект.

В технологии сборки и сварки крыльчатки рабочего колеса дымососа из коррозионно-стойкой стали 12X18H10T мы заменяем ручную дуговую сварку покрытыми электродами на полуавтоматическую и автоматическую сварку в среде защитных газов.(Ar 85%+CO₂ 15%).

За исходные данные в нашем расчете берем объем выпускаемой продукции в год равной 700 шт.

2.1 Расчет полной себестоимости изготовления изделия

Общее время на выполнение сварочной операции $T_{шт-к}$, ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{нз} + t_{г} + t_{обс} + t_n \quad (2.1)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$ – основное время, ч.;

$t_{нз}$ – подготовительно-заключительное время, ч.;

$t_{г}$ – вспомогательное время, ч.;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, ч.;

t_n – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время ($t_{оч}$, ч) – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{оч} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (2.2)$$

где $L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м $\Sigma L_{шв} = 22,2$ м (базовый вариант)

$V_{св}$ – средняя скорость сварки, м/ч, $V_{св} = 6$ м/ч

$L_{шв}$ – сумма длин всех швов, м $\Sigma L_{шв} = 22,2$ м (проектируемый вариант)

$V_{св}$ – средняя скорость сварки, м/ч, $V_{св} = 31$ м/ч

Определяем основное время по формуле (2.2)

$$t_{оч} = \frac{22,3}{5,1} = 4,35 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{оч} = \frac{22,3}{31} = 0,72 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ($t_{пз}$) включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т. д. При его определении общий норматив времени $t_{пз}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{пз} = 10\% \text{ от } t_{оч}$$

$$t_{пз} = \frac{4,35 \cdot 10}{100} = 0,44 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{пз} = \frac{0,72 \cdot 10}{100} = 0,07 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ($t_{\text{в}}$) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой $t_{\text{э}}$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{\text{кр}}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{\text{бр}}$, клеймение швов $t_{\text{кл}}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{\text{уст}}$:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{э}} + t_{\text{кр}} + t_{\text{бр}} + t_{\text{уст}} + t_{\text{кл}} \quad (2.3)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволокой. Это время можно принять равным:

$$t_{\text{э}} = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$$

Время зачистки кромок или шва $t_{\text{кр}}$ вычисляем по формуле:

$$t_{\text{кр}} = L_{\text{шв}}(0,6 + 1,2 \cdot (n_{\text{с}} - 1)) \quad (2.4)$$

где $n_{\text{с}}$ – количество слоев при сварке в несколько проходов;

$L_{\text{шв}}$ – длина швов, м, $L_{\text{шв}} = 22,2 \text{ м}$

Рассчитываем время зачистки кромок или шва при сварке в один проход по формуле (2.4). Для обоих вариантов расчёт будет одинаковым.

$$t_{\text{кр}} = 22,2 \cdot (0,6 + 1,2) = 39,96 \text{ мин.} = 0,67 \text{ ч.}$$

Сварка в базовом и проектируемом варианте производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг $t_{\text{бр}}$ рассчитываем по формуле 2.5 для обоих вариантов:

$$t_{\text{бр}} = L_{\text{шв}}(0,6 + 1,2 \cdot (n_{\text{с}} - 1)) \quad (2.5)$$

$$t_{обр} = 22,2 \cdot (0,6 + 1,2) = 39,96 \text{ мин.} = 0,67 \text{ ч.}$$

Время на установку клейма ($t_{кл}$) принимают 0,03 ч. на 1 знак, $t_{кл} = 0,09$ ч.

Время на установку, поворот и снятие изделия ($t_{узм}$) зависит от его массы, данные указаны в таблице 2.1

Таблица 14 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,03	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

Масса изделия составляет 1,1 тонны.

$$t_{узм} = 0,14 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитаем значение t_{ε} по формуле 2.3 для обоих вариантов оно одинаково.

$$t_{\varepsilon} = 0,083 + 0,67 + 0,67 + 0,14 + 0,09 = 1,65 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т. д. принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) t_{осн} \quad (2.6)$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ($t_{обс}$) по формуле (2.6):

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 4,35 = 0,30 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,72 = 0,05 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности (t_n) зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении:

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (2.7)$$

Рассчитываем t_n по формуле (2.7)

$$t_n = 0,07 \cdot 4,35 = 0,30 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,72 = 0,05 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Таким образом, расчет общего времени $T_{шт-к}$ на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (2.1)

$$T_{шт-к} = 4,35 + 0,44 + 1,65 + 0,3 + 0,3 = 7,04 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 0,72 + 0,07 + 1,65 + 0,05 + 0,05 = 2,54 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Определяем общую трудоемкость годовой производственной программы $T_{произв. пр.}$ сварных конструкций по операциям тех процесса по формуле (2.8):

$$T_{произв. пр} = T_{шт-к} \cdot N \quad (2.8)$$

где N – годовая программа, шт., в нашем случае $N = 700$ шт.

$$T_{\text{произв. пр}} = 7,04 \cdot 700 = 4928 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{\text{произв. пр}} = 2,54 \cdot 700 = 1778 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса C_p , по формуле (2.9):

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_d \cdot K_n} \quad (2.9)$$

где Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, час. ($\Phi_d = 1914$ час.);

K_n – коэффициент выполнения норм ($K_n = 1,1 \dots 1,2$).

$$C_p = \frac{4928}{1914 \cdot 1,1} = 2,4; \text{ примем } C_n = 3 \text{ шт; (базовый вариант)}$$

$$C_p = \frac{1778}{1914 \cdot 1,1} = 0,85; \text{ примем } C_n = 1 \text{ шт; (проектируемый вариант)}$$

Принятое количество оборудования C_n определяем путем округления расчетного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%. Таким образом, по базовой технологии используются три сварочных установки. По проектируемой технологии достаточно одной установки для автоматической сварки в среде защитного газа.

Расчет коэффициента загрузки оборудования K_z производим по формуле (2.10):

$$K_3 = \frac{C_p}{C_n} \quad (2.10)$$

$$K_3 = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ (базовый вариант)}$$

$$K_3 = \frac{0,85}{1} = 0,85 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы 2.2.

Таблица 15 – Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Годовая производственная программа выпуска	шт.	700	700
Приспособление для сварки	руб./шт.	28900	
Манипулятор УСМ-1200	руб./шт.	923600	923600
Источник питания ВДУ1201	руб./шт.	117000	117000
Поворотная колонна ПК-1	руб./шт.	-	887700
Балластный реостат БР-У3	руб./шт.	4800	-
Ст12Х18Н10Т3сп	руб./т.	192000	192000
Полуавтомат ПДГ502	руб./шт.	-	43000
Подвесная головка А1406	руб./шт.	-	392500
Электроды ЦЛ-11	руб./кг	458	-
Сварочная проволока Св-04Х17Н10М2	руб./кг.	-	450
Смесь (Ar 82%+CO ₂ 18%)	руб./л.	-	0,15
Расход защитного газа	л/мин.	-	13
Тариф на электроэнергию	руб./кВт-ч.	3,8	3,8
Длина сварных швов	м.	22,2	22,2
Положение швов		нижнее	нижнее
Условия выполнения работ		стационарные	стационарные
Квалификационный разряд электро-сварщика	разряд.	4	5
Тарифная ставка	руб.	115	140
Масса конструкции	т.	1.1	1.1

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования по технологии изготовления металлоконструкции по формуле (2.11):

$$K_{obj} = C_{obj} \cdot (1 + K_{мз}), \text{ руб.} \quad (2.11)$$

где C_{obj} – цена приобретения j -ого оборудования, руб.;

$K_{мз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты на устройство фундамента, монтаж, наладку ($K_{мз} = 0,12$).

$$K_{obj} = 1074300 \cdot (1 + 0,12) = 1203216 \text{ руб. (Базовый вариант)}$$

$$K_{obj} = 2363800 \cdot (1 + 0,12) = 2647456 \text{ руб. (Проектируемый вариант)}$$

Определяем капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ по формуле (2.12):

$$K_{об} = \sum K_{obj} \cdot C_{nj} \cdot K_{зj} \quad (2.12)$$

где K_{obj} – балансовая стоимость j -ого оборудования, руб.;

C_{nj} – принятое количество j -ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$ – коэффициент загрузки j -ого оборудования, $K_{зj} = 1$.

$$K_{об} = 1203216 \cdot 3 = 3609648 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$K_{об} = 2647456 \cdot 1 = 2647456 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости производим по формуле (2.13):

$$C_m = MЗ + З_о + З_{пр} \quad (2.13)$$

где $MЗ$ – затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$З_{э}$ – затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$З_{пр}$ – затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос 30% от фонда оплаты труда).

Расчет материальных затрат.

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты ($MЗ$, руб.) рассчитываются по формуле (2.14):

$$MЗ = C_{ом} + C_{эн} + C_{др} \quad (2.14)$$

где $C_{ом}$ – стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{эн}$ – стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.;

$C_{др}$ – стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие, руб.

Стоимость основных материалов ($C_{ом}$, руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (2.15):

$$C_{ом} = [C_{км} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр} \quad (2.15)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Стоимость конструкционного материала ($C_{км}$, руб.)

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь СтЗсп.

$$C_{\kappa\mu} = m_{\kappa} \cdot \Pi_{\kappa\mu} \quad (2.16)$$

где m_{κ} – масса конструкции, т.;

$\Pi_{\kappa\mu}$ – цена одной тонны конструкционного материала, руб.

$$C_{\kappa\mu} = 1,1 \cdot 192000 = 211200 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на сварочную проволоку марки
СВ-04Х17Н10М2 производим по формуле (2.17):

$$C_{\text{св.пр}} = M_{\text{нм}} \cdot \Psi \cdot \Pi_{\text{сп}} \cdot K_{\text{тр}} \text{руб} \quad (2.17)$$

где $M_{\text{нм}}$ – масса наплавленного металла, 11,1 кг.;

Ψ – коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в смеси газов Ar+CO₂ характеризуется разбрызгиванием электродного металла, для данного вида сварки = 1,05);

$\Pi_{\text{сп}}$ – оптовая цена одного кг.сварочной проволоки, руб.;

$K_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

Производим расчеты $C_{\text{св.пр}}$ на изготовление одной металлоконструкции по формуле (2.17):

$$C_{\text{св.эл}} = 11,1 \cdot 1,9 \cdot 458 \cdot 1,05 = 10142 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\text{св.пр}} = 11,1 \cdot 1,05 \cdot 450 \cdot 1,05 = 5507 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на защитный газ проводим по формуле (2.18):

$$C_{\text{доп}} = t_{\text{осн}} \cdot q_{\text{зг}} \cdot k_{\text{р}} \cdot \Pi_{\text{зг(фл)}} \cdot K_{\text{т}} \quad (2.18)$$

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						72
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $t_{осн}$ – время сварки в расчете на одно металлоизделие, мин.;

$q_{зг}$ – расход защитного газа, л/мин.;

k_p – коэффициент расхода газа, 1,1;

$C_{зг}$ – цена газа за один литр, руб.;

K_m – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{оп} = 43,2 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 0,15 \cdot 1,05 = 82,35 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на электроэнергию проводим по формуле (2.19):

$$Z_э = a_э \cdot W \cdot C_э, \text{ руб.} \quad (2.19)$$

где $a_э$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт ч/кг.;

W – расход электроэнергии, кВт ч.;

$C_э$ – цена за 1 кВт/ч.

Для укрупненных расчетов величину $a_э$ можно принимать равной:

- при многопостовой сварке на постоянном токе, 6...8 кВт ч/кг;
- при автоматической сварке на постоянном токе 5...8 кВт ч/кг;

$$Z_э = 6 \cdot 11,1 \cdot 3,8 = 253 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_э = 8 \cdot 11,1 \cdot 3,8 = 337 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет стоимости основных материалов в расчете на одно металлоизделие по формуле (2.15):

$$C_{ом} = (211200 + 10142) \cdot 1,06 = 234622 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{ом} = (211200 + 5507 + 82,35) \cdot 1,06 = 224018 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Материальные расходы ($MЗ$) на основные материалы на одно изделие рассчитываются по формуле (2.14):

$$MЗ = C_{ом} + C_{эн} + C_{др}$$

$$MЗ = 234622 + 2536 = 237158 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$MЗ = 224018 + 337 + 82,35 = 224437 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет численности производственных рабочих. Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих $Ч_{ор}$ определяется для каждой операции по формуле (2.20):

$$Ч_{ор} = \frac{T_{\text{произв.пр.}}}{\Phi_{др} \cdot K_v} \quad (2.20)$$

где $T_{\text{произв.пр.}}$ – трудоемкость производственной программы, час.;

$\Phi_{др}$ – действительный фонд времени производственного рабочего ($\Phi_{др} = 1870$ час.);

K_v – коэффициент выполнения норм выработки (1,1...1,3).

$$Ч_{ор} = \frac{4928}{1870 \cdot 1,1} = 2,4 \text{ примем } Ч_{ор} = 3 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{ор} = \frac{1778}{1870 \cdot 1,1} = 0,86 \text{ примем } Ч_{ор} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работают 3 сварщиков, по проектируемой 1 сварщик.

Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды.

Расчет основной и дополнительной зарплаты производственных рабочих, отчислений на социальные нужды (социальных взносов), т. е. налоговых выплат, включаемых в себестоимость.

Расходы на оплату труда (Z_{np}) рассчитываются по формуле (2.21):

$$Z_{np} = Z\Pi_o + Z\Pi_\partial \quad (2.21)$$

где $Z\Pi_o$ – основная заработная плата, руб.;

$Z\Pi_\partial$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ($Z\Pi_o$) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (2.22):

$$Z\Pi_o = P_{cd} \cdot K_{np} \cdot K_\partial \cdot K_{cc} + D_{вр} \quad (2.22)$$

где P_{cd} – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

K_{np} – коэффициент премирования, $K_{np} = 1,5$;

K_∂ – коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, $K_\partial = 1,2$;

K_{cc} – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос), $K_{cc} = 1,3$;

$D_{вр}$ – доплата за вредные условия труда, руб.

Суммарная сдельная расценка за единицу изделия (P_{cd}) определяется по формуле (2.23):

$$P_{cd} = \frac{T_{ст} \cdot T_{шт-к}}{60} \quad (2.23)$$

где $T_{см}$ – тарифная ставка сварщика, руб/ч.;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, мин.

$$P_{сд} = \frac{115 \cdot 422,4}{60} = 809,6 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{сд} = \frac{140 \cdot 152,4}{60} = 355,6 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда ($D_{вр}$) рассчитывается по формуле (2.24):

$$D_{вр} = \frac{T_{ст} \cdot T_{вр} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (2.24)$$

где $T_{см}$ – тарифная ставка, руб.;

$T_{вр}$ – время работы во вредных условиях труда, мин. $T_{вр} = T_{шт-к}$.

$$D_{вр} = \frac{115 \cdot 422,4 \cdot 0,1}{100 \cdot 60} = 0,81 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$D_{вр} = \frac{140 \cdot 152,4 \cdot 0,1}{100 \cdot 60} = 0,36 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Рассчитаем $ЗП_o$ по формуле (2.22)

$$ЗП_o = 809,6 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,81 = 1895,27 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$ЗП_o = 355,6 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,36 = 832,46 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих ($ЗП_o$) отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям) рассчитывается по формуле (2.25):

$$ЗП_{\partial} = K_{\partial} \cdot ЗП_{\partial} \cdot K_{cc} \quad (2.25)$$

где $ЗП_{\partial}$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

K_{∂} – коэффициент дополнительной заработной платы, $K_{\partial} = 1,13$;

K_{cc} – коэффициент учитывающий отчисления на социальные взносы, $K_{cc} = 1,3$.

$$ЗП_{\partial} = 1,13 \cdot 1895,27 \cdot 1,3 = 3203,01 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$ЗП_{\partial} = 1,13 \cdot 832,46 \cdot 1,3 = 1222,88 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Рассчитаем $З_{np}$ по формуле (2.21)

$$З_{np} = 1895,28 + 3203,01 = 5098,38 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$З_{np} = 832,46 + 1222,88 = 2055,34 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Округлим до рублей: $З_{np} = 5098 \text{ руб. (базовый вариант)}$, $З_{np} = 2055 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости C_m изготовления годового объема выпуска металлоконструкций в таблицу 2.3.

Таблица 16 – Технологическая себестоимость изделия

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Затраты на основные материалы, $C_{ом}$, руб.	164 235 400	156 812 600
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $C_{эн}$, руб.	177 100	235 900
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $З_{np}$, руб.	3 565 600	1 438 500
Технологическая себестоимость годового выпуска, C_m , руб.	167 978 100	158 487 000

Перед расчетом полной себестоимости изготовления металлоконструкции рассчитывается технологическая, а затем производственная себестоимость изготовления одной металлоконструкции.

Производственная себестоимость (C_{np} , руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет C_{np} производим по формуле (2.26):

$$C_{np} = C_m + P_{np} + P_{хоз} \quad (2.26)$$

где C_m – технологическая себестоимость, руб.;

P_{np} – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{хоз}$ – общехозяйственные расходы, руб.

Общепроизводственные расходы P_{np} определяются по формуле (2.27):

$$P_{np} = C_a + C_p + P_{np}^* \quad (2.27)$$

где – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

C_p – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб.;

P_{np}^* – расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования C_a рассчитываем по формуле (2.28):

$$C_a = \frac{K_{об} \cdot H_a \cdot n_o \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_d \cdot K_B} \cdot K_o \quad (2.28)$$

где $K_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

H_a – норма годовых амортизационных отчислений, %. $H_a = 14,7\%$;

Φ_{∂} – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч. $\Phi_{\partial} = 1914$ ч.;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

K_o – коэффициент загрузки оборудования, $K_o = 0,9$;

n_o – количество оборудования, шт.;

K_{ϵ} – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени, $K_{\epsilon} = 1,1$.

$$C_a = \frac{3609648 \cdot 14,7 \cdot 7,04}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 1774 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_a = \frac{2647456 \cdot 14,7 \cdot 2,54}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 470 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Затраты на ремонт и обслуживание оборудования C_p рассчитываем по формуле (2.29):

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad (2.29)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование и тех оснастку, руб.;

D – принимается равным 3%.

$C_p = \frac{3609648 \cdot 3}{100} = 108289$ руб./на производственную программу или 155 руб. в расчете на одно металлоизделие (базовый вариант)

$C_p = \frac{2647456 \cdot 3}{100} = 79423$ руб./на производственную программу или 113 руб. в расчете на одно металлоизделие (проектируемый вариант)

Расходы на содержание производственных помещений P_{np}^* рассчитывается по формуле (2.30):

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{\%P_{\text{пр}} \cdot 3\Pi_o}{100} \quad (2.30)$$

где $3\Pi_o$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{\text{пр}}$ – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, $\%P_{\text{пр}} = 10$.

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{10 \cdot 1895}{100} = 190 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{пр}}^* = \frac{10 \cdot 832}{100} = 83 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Общепроизводственные расходы $P_{\text{пр}}$ определяются по формуле (2.27):

$$P_{\text{пр}} = 1774 + 155 + 190 = 2119 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{пр}} = 470 + 113 + 83 = 666 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» ($P_{\text{хоз}}$, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле (2.31):

$$P_{\text{хоз}} = \frac{\%P_{\text{хоз}} \cdot 3\Pi_o}{100} \quad (2.31)$$

где $3\Pi_o$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{\text{хоз}}$ – процент общехозяйственных расходов, %. $\%P_{\text{хоз}} = 25$.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						80
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 \cdot 1895}{100} = 474 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 \cdot 832}{100} = 208 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Производственная себестоимость выпуска металлоконструкции C_{np} рассчитывается по формуле (2.26)

$$C_{np} = 239969 + 2119 + 474 = 242562 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{np} = 226410 + 666 + 208 = 227284 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» (P_k , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку ее к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расхода рассчитываются по формуле (2.32):

$$P_k = \frac{\%P_k \cdot C_{np}}{100} \quad (2.32)$$

где $\%P_k$ – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, $\%P_k = 0,1 \dots 0,5\%$.

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 242562}{100} = 243 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 227284}{100} = 227 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Полная себестоимость выпуска металлоконструкции C_n включает затраты на производство C_{np} и коммерческие расходы P_k рассчитывается по формуле (2.33):

$$C_n = C_{np} + P_k \quad (2.33)$$

$$C_n = 242562 + 243 = 242805 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_n = 227284 + 227 = 227511 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

2.2 Расчет показателей сравнительной эффективности

Таблица 17 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Базовый вариант, руб	Проектируемый вариант, руб	Отклонения, руб
Объем годового выпуска, N , шт	700	700	
1. Материальные затраты, $MЗ$	166 010 600	157 105 900	8 904 700
2. Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, $З_{пр}$	3 568 866	1 438 738	2 130 128
3. Технологическая себестоимость, C_m	167 948 100	158 487 000	9 461 100
4. Общепроизводственные расходы, $P_{пр}$	1 483 300	466 200	1 017 100
5. Общехозяйственные расходы, $P_{хоз}$	331 800	145 600	186 200
6. Производственная себестоимость, $C_{пр}$	169 793 400	159 098 800	10 694 600
7. Коммерческие расходы, P_k	170 100	158 900	11 200
8. Полная себестоимость, C_n	169 963 500	159 257 700	10 705 800

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим как случай проектирования конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции, т.е. - реализуемой на сторону. Сравним базовый вариант с общим результатом расчетов.

Годовой выпуск продукции (крыльчатка рабочего колеса дымососа) составляет 700 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической себестоимости, ΔC рассчитывается по формуле:

$$\Delta C = C_{m1} - C_{m2} \quad (2.34)$$

где C_{m1} , C_{m2} – технологическая себестоимость годового объема выпуска по сравниваемым вариантам (1- базовый вариант; 2- проектируемый), руб.

$$\Delta C = 167978100 - 158487000 = 9491100 \text{ руб.}$$

Стоимость изготовления крыльчатки рабочего колеса дымососа по базовому варианту дороже чем по проектируемому варианту.

Прибыль от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, (Π), руб. рассчитываем по формуле (2.35):

$$\Pi = B - C_n \quad (2.35)$$

где B – выручка от реализации продукции, руб.;

C_n – полная себестоимость, руб.

Рассчитаем отпускную цену металлоизделия по формуле (2.36):

$$\Pi = C_n \cdot K_p \quad (2.36)$$

где C_n – полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

K_p – среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции, K_p определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте – 1,2; в проектируемом варианте – 1,5.

$$Ц_1 = 242805 \cdot 1,2 = 291366 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = 227511 \cdot 1,5 = 341267 \text{ руб.}$$

Расчет выручки от реализации годового объема металлоизделий, (B) по формуле (2.37):

$$B = Ц \cdot N \quad (2.37)$$

где $Ц$ – отпускная цена металлоизделия, руб.;

N – годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

$$B_1 = 291366 \cdot 700 = 203\,956\,200 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 341267 \cdot 700 = 238\,886\,900 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (2.35) по базовому и проектируемому варианту равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий.

$$П_1 = 203956200 - 169963500 = 33\,992\,700 \text{ руб.}$$

$$П_2 = 238886900 - 159257700 = 79\,629\,200 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли $\Delta П$ в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле (2,38):

$$\Delta П = П_2 - П_1 \quad (2.38)$$

$$\Delta П = 79629200 - 33992700 = 45636500 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$) проводим по формуле (2.39):

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер}} \quad (2.39)$$

где $C_{пост}$ – постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий, C_n , за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска, C_m);

$Ц$ – отпускная стоимость металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер}$ – переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

Постоянные затраты $C_{пост}$ рассчитываем по формуле (2.40):

$$C_{пост} = C_n - C_m \quad (2.40)$$

$$C_{пост1} = 169963500 - 167978100 = 1985400 \text{ руб.}$$

$$C_{пост2} = 159257700 - 158487000 = 770700 \text{ руб.}$$

Критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$ определяем по формуле (2.39)

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер}}$$

$$N_{кр1} = \frac{1985400}{291366 - 242805} = 101 \text{ шт.}$$

$$N_{кр1} = \frac{770700}{341267 - 227511} = 68 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции, R проводим по формуле (2.41):

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						85
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R = \frac{\Pi}{C_n} \cdot 100 \quad (2.41)$$

где Π – прибыль от реализации металлоизделия, руб.;

C_n – полная себестоимость изготовления металлоизделия, руб.

$$R_1 = \frac{48561}{242805} \cdot 100 = 20\%$$

$$R_2 = \frac{113756}{227511} \cdot 100 = 50\%$$

Расчет производительности труда $\Pi_{тр}$ (выработки в расчете на 1 производственного рабочего, руб./чел.) производим по формуле (2.42):

$$\Pi_{тр} = \frac{B}{\text{Ч}_{ор}} \quad (2.42)$$

где B – выручка от реализации годового объема металлоизделий, руб.;

$\text{Ч}_{ор}$ – численность производственных рабочих, чел.

$$\Pi_{тр1} = \frac{261379000}{8} = 32672375 \text{ руб/чел}$$

$$\Pi_{тр2} = \frac{325531000}{5} = 65106200 \text{ руб/чел}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, T_o производится по формуле (2.43):

$$T_o = \frac{\Delta K_d}{\Delta \Pi} \quad (2.43)$$

Где ΔK_d – дополнительные капиталовложения, руб.;

$\Delta\Pi$ – изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым, руб.

$$T_o = \frac{2647456}{10705800} = 2,5 \text{ года}$$

Результаты расчетов показателей экономической эффективности сформируем в таблицу 18

Таблица 18 – Результирующие показатели экономической эффективности

№ п/ п	Показатели	Ед. изме- рения	Значение показателей		Изменение показателей (+, -)
			Базовый ва- риант	Проектируе- мый вариант	
1	Годовой выпуск про- дукции, N	шт.	700	700	
2	Выручка от реализации годового выпуска про- дукции, B	руб.	203 956 200	238 886 900	+34 930 700
3	Капитальные вложения, $K_{об}$	руб.	3 609 648	2 647 456	-962 192
4	Технологическая себе- стоимость годового объема выпуска метал- лоизделий, C_m	руб.	167 978 100	15 848 700	-152 129 400
5	Полная себестоимость годового объема выпус- ка металлоизделий, C_n	руб.	169 963 500	159 257 700	-10 705 800
6	Прибыль от реализации годового объема выпус- ка, Π	руб.	33 992 700	79 629 200	45 636 500
7	Численность производ- ственных рабочих, $Ч_{ор}$	чел.	3	1	-2
8	Рентабельность продук- ции, R	%	20	50	+30
10	Точка безубыточности (критический объем вы- пуска металлоизделий), $N_{кр}$	шт.	101	68	-33
11	Срок окупаемости капи- тальных вложений, T_o	лет.		2.5	

Вывод: Разработанная в ВКР технология сварки крыльчатки рабочего колеса дымососа из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т – эффективна за счёт уменьшения стоимости изготовления. Экономия получена за счёт уменьшения затрат на сварочные материалы и заработную плату рабочих,

численность которых сокращена с трёх до одного человека. Срок окупаемости изделий составил 2,5 года.

3 Методический раздел

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология изготовления крыльчатки рабочего колеса дымососа из стали 12X18H10T в среде защитных газов. В процессе разработки предложена замена механизированной сварки основания на электродуговую сварку с использованием автоматической сварки в среде защитных газов. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использовать сварочный автомат для дуговой сварки А-1406 для производства процесса сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. *Профессиональный стандарт* является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						88
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;
- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301)

2. Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 1 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (3-й разряд) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 19 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
<i>Трудовая функция</i>	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов
<i>Трудовые действия</i>	Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением крыльчатки рабочего колеса дымососа	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственную документацию. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки в среде защитных газов.
<i>Необходимые умения:</i>	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное оборудование	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки и сварки в среде защитных газов

	для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением крыльчатки рабочего колеса дымососа	
Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов</p>

Окончание таблицы 19

1	2	3
<i>Другие характеристики:</i>	Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: механизированная сварка крыльчатки рабочего колеса дымососа	Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая в среде защитных газов крыльчатки рабочего колеса дымососа
<i>Характеристики выполняемых работ:</i>	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций типа крыльчатки рабочего колеса дымососа	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

Необходимые знания:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.

Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов

Необходимые умения:

– Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением, и обозначение их на чертежах.

– Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки давлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.

– Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.

– Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки давлением.

Требования к подготовке конструкции под сварку.

Технология полностью механизированной и автоматической сварки давлением.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						92
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.

Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.

Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен преду-

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						93
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сма­три­ва­ет­ся для про­ве­де­ния ус­тно­го оп­ро­са и вы­де­ля­ет­ся из рас­че­та до 15 ми­нут на од­но­го об­у­ча­е­мо­го. Вре­мя на ква­ли­фи­ка­ци­он­ную проб­ную ра­бо­ту вы­де­ля­ет­ся за счет прак­ти­че­ско­го об­у­че­ния.

Ис­хо­дя из срав­ни­тель­но­го ана­ли­за Про­фес­си­о­наль­ных стан­дар­тов и ре­ко­мен­да­ций Ин­сти­ту­та раз­ви­тия про­фес­си­о­наль­но­го об­ра­зо­ва­ния, раз­ра­бо­тан учеб­ный план пе­ре­под­го­тов­ки ра­бо­чих по про­фес­сии «Опе­ра­тор ав­то­ма­ти­че­ской свар­ки пла­вле­ни­ем» яв­ля­ет­ся сле­ду­ю­щее, ко­то­рый пред­став­лен в та­б­ли­це 3.2. Про­дол­жи­тель­ность об­у­че­ния 1 ме­сяц.

Та­б­ли­ца 20– Учеб­ный план пе­ре­под­го­тов­ки ра­бо­чих

Но­мер раз­де­ла	Наи­ме­но­ва­ние раз­де­лов тем	Ко­ли­ че­ство часов все­го
1	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	66
1.1	Ос­но­вы э­ко­но­ми­ки от­рас­ли	3
1.2	Ма­те­ри­а­ло­ве­де­ние	3
1.3	Ос­но­вы э­лек­тро­тех­ни­ка	2
1.4	Чте­ние чер­те­жей	2
1.5	Спец­тех­но­ло­гия	52
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122

Окон­ча­ние та­б­ли­цы 20

1	2	3
2.1	Упраж­не­ния по ав­то­ма­ти­че­ской свар­ке и на­плав­ке не­слож­ных де­талей на учеб­но-про­из­вод­ствен­ном участ­ке	36
2.2	Ра­бо­та на пред­при­ятии	86
	Кон­суль­та­ции	2
	Ква­ли­фи­ка­ци­он­ный эк­за­мен	8
	ИТОГО	176

Ре­а­ли­за­ция раз­ра­бо­тан­но­го учеб­но­го пла­на осу­ществ­ля­ет­ся от­де­лом тех­ни­че­ско­го об­у­че­ния пред­при­ятия.

3.3 Раз­ра­бот­ка учеб­ной про­грам­мы пред­ме­та «Спец­тех­но­ло­гия»

Ос­нов­ной за­да­чей те­о­ре­ти­че­ско­го об­у­че­ния яв­ля­ет­ся фор­ми­ро­ва­ние у об­у­ча­е­мых си­сте­мы зна­ний об ос­но­вах со­вре­мен­ной тех­ни­ки и тех­но­ло­гии про­из­вод­ства, ор­га­ни­за­ции тру­да в об­ъе­ме, не­об­хо­ди­мом для проч­но­го овла-

дения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе Профессиональных стандартов, учебного плана переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 21 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Введение	2
2	Оборудование для автоматической сварки в среде газов	16
3	Сварочные материалы	6
4	Сварные конструкции	5
5	Технология автоматической сварки в среде газов	18
6	Механизация и автоматизация сварочного производства	5
	Итого:	52

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана - конспекта урока

План-конспект урока

Тема курса: Сварочные автоматы для дуговой автоматической сварки в среде защитных газов».

Тема урока: «Устройство автоматической сварочной головки А-1406».

Цели урока:

Образовательная: сформировать понятие об устройстве автоматической сварочной головки А-1406.

Развивающая: развивать память, техническое мышление.

Воспитывающая: развивать у рабочих коммуникативные навыки необходимые для продуктивной работы в бригаде; развить чувство ответственности за исправность используемого оборудования; воспитать бережливое от-

ношение к рациональному использованию энергетических ресурсов, расходных материалов.

Тип урока: урок усвоения новых знаний.

Структура урока и затраты времени на этапы:

1. Организационная часть 3-5 мин. Приветствие, проверка по списку всех присутствующих, организационные вопросы. Изложение темы и цели урока.

2. сообщение нового материала 50-55 мин.

3. Первичное закрепление нового материала 10-15 мин.

Краткий опрос – беседа со слушателями в аудитории.

Средства обучения:

Плакат «Подвесная сварочная головка А-1406».

Методы преподавания:

- словесные методы (объяснение);

- наглядные методы (демонстрация плакатов).

Учебная литература: Сварочное производство / Колганов Л. А. — Ростов н/Д: «Феникс», 2012. — 512 с.

Таблица 22 - План-конспект урока по спецтехнологии на тему: «Устройство автоматической сварочной головки А-1406»

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебной деятельности
1	2	3

Организационная часть 3-5 мин.	<p>Тема «Устройство автоматической сварочной головки А-1406»</p> <p>Цели: Образовательная: сформировать понятие об устройстве автоматической сварочной головки А-1406.</p> <p>Развивающая: развивать память, техническое мышление.</p> <p>Воспитывающая: развивать у рабочих коммуникативные навыки необходимые для продуктивной работы в бригаде; развить чувство ответственности за исправность используемого оборудования; воспитать бережливое отношение к рациональному использованию энергетических ресурсов, расходных материалов.</p>	<p>Приветствие преподавателя, проверка присутствующих по учебному журналу группы; тема урока, ее актуальность.</p> <p>Объявляю тему урока и цели.</p>
Сообщение нового материала 50-55 мин.	<p>Основными узлами автомата являются самоходная тележка, механизмы подъема, поперечных колебаний, устройство (суппорт) для перемещения электрода вдоль на 90 мм и поперек шва на 200 мм, мундштук с держателем, катушка для проволоки с тормозом и пульт управления.</p> <p>Самоходная тележка передвигается с рабочей и маршевой скоростями по рельсовому пути, расположенному в вертикальной плоскости; рабочее перемещение — со скоростью наплавки и маршевое — для быстрых установочных перемещений. В приводе тележки имеется пара сменных шестерен для настройки скорости наплавки. Правильный механизм выполнен в виде пяти роликов на игольчатых подшипниках, насаженных на эксцентриковые пальцы. При наплавке правильный механизм снимается и вместо него устанавливается сменная направляющая втулка.</p>	<p>Методы обучения (по источнику знаний) — словесный, - наглядный.</p> <p>Объясняю, что такое самоходные сварочные тележки</p>

Продолжение таблицы 22

1	2	3
	<p>Если в конструкции сварочного автомата имеется тележка, перемещающаяся непосредственно по свариваемому изделию, то такой автомат называется сварочным трактором. Сварочные автоматы различных типов для сварки в среде защитных газов имеют ряд общих и унифицированных сборочных единиц (узлов) и механизмов, устройство которых мы сейчас с вами рассмотрим.</p>	<p>Рассказываю о передвижной тележке.</p> <p>Вывешиваю плакат с автоматической сва-</p>



ручной головкой А-1406

Плакаты вывешиваю на доске повыше, чтобы их было видно с дальних парт.

Технические характеристики:

Напряжение питающей сети трех-фазного тока, V	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, при ПВ = 100%, А:	1000
Размеры применяемых электродов, мм:	
диаметр сплошной проволоки	2 - 5
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	17 - 553
Вертикальный подъем головки, мм	500
Поперечная корректировка электрода (ручная), мм	70
Регулировка наклона электрода (ручная), град.	30
Амплитуда колебания электрода, мм	0 - 70
Вместимость кассеты для проволоки, кг	30
Габаритные размеры, мм	1010x89
Масса, кг	1200

Рассказываю технические характеристики сварочного автомата А-1406

Продолжение таблицы 22

1	2	3
	Конструктивно объединен с правильным механизмом держатель мундштука. Мундштук позволяет наплавлять плоские и круглые детали сплошной и порошковой проволокой, катанкой на токах 700—800 А. К боковой части мундштука на шарнире крепится медный рычаг токоподвода. В нижнюю часть мундштука заворачиваются сменные наконечники для различных диаметров сварочной проволо-	Объясняю конструкцию мундштука Методика руководства конспектированием слушателей. Основные понятия и определения под запись.

	<p>ки. Для наплавки лентой автомат снабжается специальной приставкой. Подача электродной ленты к сварочной ванне происходит между двумя омедненными стальными пластинами с угольниками, устанавливаемыми в зависимости от ширины ленты.</p> <p>Механизм поперечных колебаний представляет собой двигатель с червячным редуктором, выходной вал которого при помощи торцевой шпонки соединяется с червячным валом поперечного корректора суппорта. В кинематической цепи редуктора имеется пара сменных шестерен, при помощи которых устанавливается скорость поперечных колебаний.</p> <p>Наиболее универсальный из них автомат А-1406. Он входит в комплект станков, на которых выполняется наплавка наружных, внутренних поверхностей цилиндрических и конических тел вращения, а также деталей с плоскими поверхностями. При помощи автомата, установленного на станке, можно также сваривать детали, имеющие кольцевые и продольные швы простой конфигурации.</p> <p>Механизм поперечных колебаний с приводом от электродвигателя позволяет обеспечить колебания электрода с амплитудой 15—70 мм и ручное смещение центра колебаний на ± 50 мм. Скорость колебаний в пределах 80—200 м/ч регулируется с помощью сменных шестерен.</p> <p>Автомат оснащен дополнительными приспособлениями для внутренней наплавки в среде углекислого газа.</p>	<p>Методика установки обратной связи с учащимися.</p> <p>В процессе изложения материала используется диалоговая система общения между преподавателем и учащимися.</p> <p>Объясняю устройство механизма поперечных колебаний.</p> <p>Задаются короткие вопросы для диагностики понимания учащимися излагаемого материала.</p> <p>Желательно чтобы отвечало, как можно больше слушателей.</p> <p>Не страшно то что ответы будут не всегда правильными.</p> <p>Главное, что в диалоге было включено максимальное количество учащихся.</p> <p>Данная методика очень эффективна в подтверждении познавательного интереса у учащихся.</p>
--	--	---

Окончание таблицы 22

1	2	3
	<p>Наплавка внутренних цилиндрических поверхностей диаметром свыше 100 мм и длиной до 500 мм производится открытой дугой. Кроме основного мундштука для сварки под флюсом, в комплект автомата входят мундштуки для сварки порошковой проволокой, порошковой лентой и расщепленным электродом. Автомат комплектуется сварочным выпрямителем</p>	<p>Рассказываю о вариантах комплектования сварочной головки А-1406</p>

Первичное закрепление нового материала 10-15 мин.	<p>ВДУ-1201. Так как автомат предназначен для работы с наплавочными станками, то управление им осуществляется по электрическим схемам этих станков.</p> <p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. какие разновидности типовых узлов сварочных автоматов существуют. 2. Назвать их принципы работы и их характерные отличия друг от друга. 3. Что такое сварочная головка. 4. Что такое механизм поперечных колебаний; его прицепы действия. 5. Перечислить виды мундштуков, назвать отличия между ними. 	Краткий повтор пройденного материала проводится в виде кратких вопросов, которые задают уже конкретным учащимся. Оценки не выставляются, конкретные формулировки не спрашиваются, вопросы направлены на общее понимание материала. Если есть проблемы в понимании нужно коротко, ясно повторить данные моменты.
Выдача домашнего задания 3-5 мин.	Проработать дома материалы учебника и конспекта занятия. Учебник параграф III.	Объявить о выдаче домашнего задания. Проследить чтобы все записали под диктовку, что нужно будет сделать самостоятельно дома.

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;

- разработали план - конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования - подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная в ВКР технология сварки крыльчатки рабочего колеса дымососа из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т – эффективна за счёт уменьшения стоимости изготовления. Экономия получена за счёт уменьшения затрат на сварочные материалы и заработную плату рабочих, числен-

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						101
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ность которых сокращена с трёх до одного человека. Срок окупаемости изделий составил 2,5 года..

Для механизации и автоматизации процесса сборки и сварки изделия, в проекте предусмотрены сборочно-сварочные приспособления для закрепления и вращения изделия с необходимой скоростью в процессе сварки. а также предусмотрена установка изделия в максимально удобное положение для ведения сварочного процесса.

Это повышает производительность труда и снижает трудоёмкость изготовления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гузенков, П.Г. Детали машин: Учебное пособие для студентов вузов./ П.Г. Гузенков. - 3-е изд. перераб. и доп. – М.:Высш. шк.,1982.-351с.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						102
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Лахтин, Ю.М. Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов /Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1980.-493с.

3 Теоретические основы сварки: Учебное пособие для студентов вузов / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высш.шк.,1970.-592с.

4 Проектирование сварных конструкций в машиностроении / Под ред. С.А.Куркина. - М.: Машиностроение, 1975. - 376с.

5 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением для студентов вузов [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432с.

6 Патон, Б.Е. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки [Текст] / Б.Е. Патон, В.К. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1966. - 396 с.

7 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства/ А.Д. Гитлевич., Л.А. Этингоф. 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1979.-280с.

8 Елагин, А.В. Сварка в среде защитных газов / А.В. Елагин., В.Г. Наумов - 2-е, изд. доп. и испр. - М.: Стройиздат, 1971. - 186с.

9 Сварка и резка в промышленном строительстве / Под ред. Б.Д. Малышева 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1980.-782с.

10 Евстифеев, Г.А. Средства механизации сварочного производства. Конструирование и расчёт /. Г.А. Евстифеев, И.С. Веретенников - М.: Машиностроение, 1977. - 96с.

11 Китаев, А.М. Справочная книга сварщика / А.М.Китаев., Я.А. Китаев. - М.: Машиностроение, 1985. - 256с.

12 Гайнулин, Р.Т. Справочник сварщика монтажника /. Р.Т. Гайнулин. - Челябинск: Юж.-Урал.кн. изд-во, 1990. - 336с.

13 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. - 240с.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						103
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

14 Алешин, Н.П. Контроль качества сварочных работ / Н.П. Алешин., В.Г. Щербитский. Учебник для техн. училищ. - М.: Высш.шкл., 1981. - 144с.

15 Алешин, Н.П. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий / Н.П. Алешин., В.Г. Щербитский. Учебник для ПТУ. – М.: Высш. шкл., 1991. - 267с.

16 Шебеко, Л.П. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки / Л.П. Шебеко. Учеб. Для сред. ПТУ. – М.: Высш. шкл., 1986. – 279с.

17 Гузенков, П.Г. Детали машин: Учебное пособие для студентов вузов / П.Г. Гузенков– 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шкл., 1982. - 351 с.

18 Николаев, Г.А. Расчет, проектирование сварных конструкций / Г.А. Николаев.. Учебное пособие для машиностроительных вузов. – М.: Высш. школа, 1971. - 760 с.

19 Технология металлов и конструкционные материалы. Учебник для машиностроительных техникумов. / Под ред. Б.А. Кузьмина. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 496 с.

20 Механическое сварочное оборудование для сварки. Отраслевой каталог НПО «ВИСП». – М.: ВНИИТЭМР, 1990. – 60 с.

21 Вспомогательное оборудование для сварки (альбом). Учебное пособие. – М.: Профтехиздат, 1992. – 124. с.

22 Куркин, С.Л. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.Л. Куркин., В.М. Ховов., А.М. Рыбачук. Атлас. Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

23 ЕНиР Единые нормы и расценки на строительные работы. Сборник Е-22 сварочные работы. - М.: Прейскурант издат., 1987. – 56с.

24 Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на сварку в среде защитных газов. Утв. ком.от 28 марта 1990года. - М.: Экономика, 1990. – 144 с.

					ДП 44.03.04.955 ПЗ	Лист
						104
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

25 Преподавание специальной технологии электросварщикам-автоматчикам. Метод. Пособие для проф. – техн. Училищ. – М.: Высш. шкл., 1989. – 129с.

26 Методические рекомендации по разработке раздела «Безопасность и экологичность проекта». – Екатеринбург.: Изд-во Российский гос. проф.-пед. ун-та, 2005. – 44с.

27 Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технологические основы сварки плавлением и давлением» [Текст]/ сост. к.т.н. Л.Т. Плаксина, ст. преподаватель Д.Х. Билалов. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2012. - 38 с.

28 Криогенсервис - Урал [Электронный ресурс] - Электрон.дан. – Режим доступа: <http://WWW.argon35.ru/technical-gases/газовые> смеси.–Загл. с экрана.

29 Сварочное производство / Л. А. Колганов. — Ростов н/Д: «Феникс», 2012. — 512 с.

